ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN VI ABRIL 1947 NUMERO 22

La función de las sociedades científicas

En todas las ramas del conocimiento, el progreso depende del intercambio de información entre los investigadores que siguen líneas semejantes de estudio. Tal intercambio es de particular importancia en la ciencia, ya que el propósito primordial es la colección de datos y su interpretación en términos de principios generales. La ciencia es excepcional debido a que sus interpretaciones están muy poco influídas — comparativamente — por las opiniones de los individuos. Y mientras las teorías tienen que ser a veces revisadas, y aun abandonadas, debido al descubrimiento de nuevos datos, los datos mismos permanecen como instrumentos para los futuros investigadores.

Y debido a que el progreso de la ciencia depende tan en sumo grado del rápido intercambio de los nuevos descubrimientos entre los investigadores que trabajan dentro de un mismo campo, es evidente que las sociedades científicas, cuyo principal propósito es dicho intercambio, han tenido una gran importancia histórica. Surgieron, en formas diversas, tan pronto como quedó establecida la ciencia experimental. Los gremios y las corporaciones, cuyo fin es la transmisión de conocimientos técnicos de una generación a otra, son, como es sabido, casi tan viejos como la civilización misma; pero como su propósito es más bien la conservación de conocimientos existentes, que no la adquisición de otros nuevos, apenas pueden considerarse como sociedades científicas en el sentido generalmente aceptado.

Una de las sociedades científicas más tempranas de que tenemos noticia cierta es la llamada Ikhwān al-ṣafā', o Hermandad de la Sinceridad, establecida en Basra hacia 983, que se esforzó por conciliar la ciencia griega con las enseñanzas del Korán. Sus miembros discutían materias científicas, filosóficas y matemáticas, y escribieron una serie de cincuenta y dos tratados que formaban una especie de Enciclopedia. Diecisiete de ellos trataban de las ciencias naturales, y catorce de las matemáticas y la lógica. Los intereses de la Hermandad de la Sinceridad tenían mucho en común con los de los filósofos que, siglos más tarde, formaron la *Royal Society* en Londres.

En Europa, las primeras sociedades científicas se formaron en Italia. En 1560 Giambattista della Porta fundó en Nápoles la *Academia Secretorum Naturae*, para pertenecer a la cual era necesario haber realizado algún descubrimiento en las ciencias naturales; Porta mismo hizo importantes observaciones físicas, descubriendo, por ejemplo, el efecto calorífico de los rayos luminosos, y fué quizás el primero que utilizó una lente en una cámara oscura. En 1603 Federigo Cesi, Marchese di Monticelli, fundó la *Accademia dei Lincei*, entre cuyos primeros miembros se encontraba Galileo. La *Accademia del Cimento* fué fundada en Florencia en 1657 por Leopoldo de' Medici: era una institución dedicada a la investigación experimental y aunque sólo duró diez años, sus informes, publicados en 1667, son un mojón en la historia de la ciencia. Entre los miembros del *Cimento* se hallaban Torricelli y el fisiólogo Borelli.

En Francia, la *Académie des Sciences* (1666) se derivó de las frecuentes reuniones de un grupo de estudiosos que incluía a Descartes, Gassendi y Pascal. Esta especie de tertulia acabó por alcanzar sanción oficial, como resultado del interés que en ella se tomaba Colbert, y Louis XIV otorgó sumas de dinero a la institución y a sus miembros. Entre ellos estuvieron más tarde Laplace, Buffon, Jussieu y Lavoisier. La Academia Rusa de Ciencias, fundada en 1724, siguió el modelo de la Academia Francesa.

En la Gran Bretaña, la necesidad de una sociedad para la discusión de materias científicas comenzó a sentirse a principios del siglo XVII, época hacia la que las reuniones en Gresham College de John Wallis, J. Wilkins, J. Goddard, C. Ent, Robert

Boyle, W. Petty y otros resultaron en la formación del Colegio Filosófico, o Invisible. De aquellos conclaves se derivó la *Royal Society*, a la que Carlos II otorgó la primera Carta Real en 1662, y que es todavía hoy la sociedad científica más celebrada del mundo entero. La Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester se fundó en 1781, y entre sus más distinguidos miembros se encuentra John Dalton.

Todas esas sociedades científicas primitivas representaban a la ciencia en su conjunto, ya que sus miembros, aunque tuviesen particular interés en la física, química o biología, eran por lo general filósofos naturales con intereses universales. Pero el rápido incremento de los conocimientos científicos obligó a los investigadores a dedicar su atención especialmente a una única rama de la ciencia, y hacia el final del siglo XVIII y principios del XIX comenzaron a formarse sociedades científicas apropiadas a estos intereses más especializados. Características de tal movimiento fueron la Sociedad de Geología (1807) y la de Astronomía (1831). En el presente número publicamos un artículo sobre la historia de la Sociedad de Química (1841), que celebra este año su Centenario, tras un retraso ocasionado por la pasada guerra. Otras sociedades fueron formadas también en el continente. La Sociedad Francesa de Química fué fundada en 1857, y la Sociedad Alemana de Química en 1868.

Estriba la principal importancia de las sociedades científicas en que facilitan el rápido intercambio de nueva información; y casi desde su origen han llevado a cabo dicho propósito mediante la publicación de estudios científicos en sus revistas y boletines, y mediante la celebración de conferencias y discusiones. Hoy en día, cuando las investigaciones científicas sobre un mismo tema se llevan a cabo en distintos puntos del globo, las oportunidades para el contacto personal de los investigadores en conferencias y discusiones son, por necesidad, más que insuficientes, con lo que aumenta la importancia de las publicaciones de las sociedades científicas. La creciente especialización ha causado también la aparición de muchísimas sociedades científicas nuevas que se dedican al estudio de ramas especializadas de la ciencia, tales como la microbiología, bioquímica, geofísica, etc. Muchas sociedades de éstas tienen miembros en todas partes del mundo, y aunque sus reuniones ocasionales son de gran valor, su mayor valía estriba en sus revistas y otras publicaciones, mediante las cuales mantienen informados a todos sus miembros de los trabajos realizados por sus colegas.

Las sociedades que han conseguido adquirir un local permanente tienen la utilidad adicional de sus bibliotecas, en las que han recogido no sólo colecciones completas de sus propias publicaciones, sino también de los libros y revistas contemporáneas que hayan sido de utilidad para sus miembros. Las bibliotecas de las sociedades científicas, y en particular de las establecidas hace mucho tiempo tienen un valor incalculable para el estudiante científico. Además, muchas de las sociedades más antiguas conservan numerosos artículos e instrumentos de interés histórico: retratos de sus más distinguidos miembros, manuscritos, aparatos y objetos propiedad de los grandes sabios del pasado. Herencia tal tiene un valor mayor que si se tratase de meras antigüedades, ya que sirve para hacer nacer y alimentar el sentido de dignidad que tan necesario es para el mantenimiento de un elevado propósito.

Mientras que las sociedades científicas tuvieron un papel muy importante en el temprano desarrollo de la ciencia, hoy han acabado por convertirse en indispensables instrumentos de diseminación y archivo de nuevos descubrimientos. En común con otras instituciones culturales, muchas de dichas sociedades se encuentran hoy frente a dificultades de orden económico y material que impiden sus funciones, tanto en lo que se refiere a los servicios ya existentes como en las mejoras requeridas por el rápido desarrollo de la ciencia actual. Su propósito debe ser el mantenimiento de una actitud viva y progresiva, procurando descubrir las necesidades contemporáneas de sus miembros. Por su parte, los estudiosos e investigadores tienen la clara obligación de ofrecer a las sociedades no sólo su apoyo económico sino también su activa ayuda personal.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.

Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.

Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1.

La energía atómica, amenaza y promesa

R. E. PEIERLS

Los datos físicos sobre los que se basa la liberación de la energía atómica son ya bien conocidos. En el siguiente artículo, el Profesor Peierls discute las posibilidades del poder atómico. Sostiene que, en realidad, todas las aplicaciones hasta hoy sugeridas no son sino una manera de hacer algo — mejor y más barato — que puede hacerse por otros medios. Las aplicaciones enteramente originales de la energía atómica serán discutidas, sin duda, cuando el mundo se haya acostumbrado más al instrumento de inmenso poder con que ahora cuenta.

INTRODUCCION

En las discusiones públicas acerca del futuro de la energía atómica, la amenaza que la bomba atómica representa para el futuro de nuestra civilización tiende a obscurecer los beneficios inherentes en la aplicación constructiva del poder atómico. Tras el anuncio inicial de la bomba se hicieron comunes las exageradas pretensiones de una «era atómica» al alcance de la mano, especialmente en la prensa popular, y la subsecuente reacción ha desacreditado el tema.

La escasez de información hace difícil la discusión de tales posibilidades, y es debida en parte a las restricciones impuestas por el secreto militar y en parte a la falta de certeza en los datos físico-químico-mecánicos.

En el presente artículo me esforzaré por evaluar las posibilidades positivas, tales como hoy se nos presentan dentro de los límites de los conocimientos disponibles, aunque no me sea en muchos puntos posible dar soluciones definitivas, sino tan sólo indicar los factores de los que dependen dichas soluciones, y el tipo de problemas que han de resolverse antes de obtener dichas respuestas.

LA BOMBA ATOMICA

Sería fútil, al discutir las posibilidades de la energía atómica, no considerar las armas atómicas; y no sólo porque hayan sido las primeras aplicaciones importantes — y hasta ahora las únicas — sino también porque la amenaza que en ellas se contiene contrarresta definitivamente toda posible ventaja. Otra guerra mundial en que se combata con armas atómicas y con otros medios de destrucción colectiva es en sí una amenaza tan terrible que de poco consuelo nos sirve considerar las posibilidades constructivas de la energía atómica. Pero, suponiendo por otra parte que la política internacional progrese hasta el punto de hacernos confiar en la imposibilidad de una nueva guerra, ello significaría un avance tan enorme que los beneficios directos que se derivasen de la explotación de la energía atómica parecerían insignificantes en comparación.

Dicho problema es esencialmente político y queda fuera del ámbito del presente artículo; pero será quizás apropiado resumir aquí las características de la bomba atómica, que tan importante papel ha representado. Muchas veces se ha insistido en que los ataques atómicos no fueron las operaciones independientes que mayor destrucción causaron durante la pasada guerra, ni tampoco las que produjeron más víctimas. La nueva característica esencial consiste en la relativa baratura de dicha bomba que, una vez establecidos los necesarios procesos científicos y mecánicos de producción, junto con su pequeño tamaño, hace posible su descarga por un número infinito de procedimientos, contra los que parece imposible establecer un sistema efectivo de defensa o siquiera de alarma. Como resultado de todo esto, una vez que se dispone de un arsenal de bombas atómicas, el ataque por sorpresa se hace mucho más viable que con las demás formas de ataque, que requieren numerosas fuerzas en operación.

Es muy probable que no sea cierto que las bombas atómicas hagan por sí mismas mucho más destructiva una guerra futura. Durante la pasada se han perfeccionado otras técnicas de destrucción, como los cohetes y V2 que, sin duda, se hallaban únicamente en el estadio de experimentación. Otros métodos — la guerra química y biológica — poco discutidos en público, tienen también muchas características en común con la bomba atómica; pero el que ésta haya demostrado su efecto ha servido para atraer toda la atención.

Una de las características esenciales de la guerra atómica es que ha de producir enormes daños y numerosas víctimas en ambos campos — suponiendo que ambos contendientes posean tales armas—, y que aunque sea posible causar funestos daños a un enemigo por medio de un rápido

ataque, éste puede siempre devolver el golpe aun a un país cuyo arsenal atómico sea superior. Junto a este hecho tenemos que, aunque las bombas atómicas puedan destruir un país, no sirven para ocuparlo y mantenerse en él; de donde se deduce que este arma se presta más para la destrucción irresponsable que para cualquier tipo de ataque del que pretenda beneficiarse un supuesto agresor. Es importante insistir en ello, ya que la naturaleza destructiva misma de las armas atómicas puede tener, en último término, un efecto beneficioso si sirve para hacer comprender a todos que el uso de la fuerza no produce, a la larga, provecho alguno.

USOS CONSTRUCTIVOS DE LAS BOMBAS ATOMICAS

Suponiendo que pudiesemos eliminar la amenaza de la guerra atómica, ¿qué otros usos podríamos encontrar para las bombas atómicas? Hasta ahora no se ha apuntado ninguno que merezca consideración, pero el problema es de tal novedad que sus posibilidades no deben abandonarse. El uso en la minería y en otras operaciones de ingeniería parece extremadamente difícil, por tres razones. La primera es la enorme intensidad de la explosión en la proximidad del centro, lo que produce un grado de destrucción mayor de lo que es necesario o conveniente; lo cual impide su uso en toda operación minera en que se trabaje en vetas estrechas, ya que el resultado sería que el mineral quedaría mezclado con los materiales que le rodean y su separación sería una operación aún más dificultosa.

El segundo inconveniente estriba en la enorme dificultad de controlar explosiones atómicas y de limitar sus efectos, ya que si se usan en operaciones subterráneas, la extensión de la voladura dependerá grandemente de la naturaleza de las estructuras, y será muy difícil hacer una exploración de éstas en una región tan extensa como el probable ámbito de la explosión. Además, no se puede predeterminar la energía de una bomba atómica, que varía en distintos casos, y que depende, en la mayoría de los modelos, en que un neutrón perdido inicie la reacción en cadena antes de que el ajuste mecánico de los componentes se haya completado. Y aunque el poder de la explosión pudiera predeterminarse exactamente, todavía quedaría la dificultad de que la extensión de la misma, en diferentes tipos de roca y subsuelo, sólo podría establecerse por medio de experimentaciones (como sucede con los explosivos ordinarios), resultando imposibles tales experimentaciones, dada la necesaria variedad de condiciones.

La tercera dificultad es que, en una explosión subterránea, la mayor parte de los productos de fisión, con su intensa radioactividad, permanecerían probablemente en el área afectada durante largo tiempo, haciéndola inaccesible. Esta dificultad no se ha presentado hasta ahora porque en las explosiones aéreas, la mayor parte de la radioactividad es arrastrada hacia la alta atmósfera, mientras que en las explosiones submarinas se reduce rápidamente por dilución.

A pesar de dichas dificultades, se pueden muy bien imaginar casos en que no sea necesario limitar con precisión el alcance de la explosión. Esto sucedería, por ejemplo, en el caso de desmontes para alterar el curso de un río, o la destrucción de una barrera de hielo que causase seria obstrucción.

FUERZA ATOMICA

Dejando a un lado las especulaciones acerca de la utilización de las explosiones atómicas, debemos discutir ahora las reacciones atómicas en cadena verificadas bajo control. Su uso más evidente consiste en el de la fuerza así generada. Desde el punto de vista teórico, dicho problema está ya totalmente resuelto, no existiendo dificultad ninguna en operar una pila atómica que genere calor en cantidades dadas, que sea posible extraer de la pila por medio de un refrigerador adecuado. Quedan, sin embargo, numerosos problemas de ingeniería por resolver, el más difícil de los cuales es la obtención de una temperatura a la que sea económica la generación de energía.

La razón principal de esta dificultad es que en todas las pilas construídas con uranio ordinario, el factor de reproducción — esto es: el número de neutrones secundarios disponibles para causar la continuación de la fisión por cada neutrón primario resultante del previo proceso de fisión — es tan sólo ligeramente mayor que la unidad. La reacción en cadena sólo puede continuar, naturalmente, cuando el factor de reproducción es superior a la unidad, y cualquier causa que lo reduzca en más del ligero margen disponible impedirá el funcionamiento de la pila. Tal causa puede ser la absorción de neutrones por las impurezas, en el refrigerador, y en los materiales de la estructura; por ello, si se proyecta trabajar con pilas de metal de uranio y grafito, como las pilas en operación en Hanford (E.U.), no sólo se debe usar uranio y grafito de una elevada pureza, con tolerancias de ciertas impurezas reducidas a unas millonésimas, o menos aún, sino también debe reducirse al mínimo la cantidad de agua o cualquiera otro refrigerante usado en la pila, y de todo material

estructural o anticorrosivo del uranio. Debido a tales limitaciones, las pilas de Hanford no permiten alcanzar una temperatura que genere vapor aun a modesta presión; pero no cabe duda que un estudio determinado de los problemas de ingeniería ha de conducirnos a una solución que permita la obtención de temperaturas considerablemente elevadas, ya que, por lo que se refiere a la naturaleza fundamental de la reacción, tal temperatura no tiene límites prácticos. No existe, en principio, motivo para que no se eleve hasta el punto en que la utilización del calor por medio de máquinas de vapor, o turbinas, o cualquier método de producción de energía mecánica sea más favorable. Todavía desconocemos la practicabilidad de todo esto; a lo que se añade la dificultad de que cuanto mayor sea la temperatura menor es la estabilidad de los componentes anticorrosivos y modificadores de la distorsión mecánica. Ambos problemas se acentúan con la presencia de intensa radiación, que acelera la acción química debido al alto grado de ionización y dislocación que causa en las estructuras atómicas, y que puede llegar hasta reducir la resistencia mecánica.

Algunas dificultades en la construcción de pilas de alta energía quedarían disminuídas si se construyese dichas pilas no con uranio ordinario, sino con material fortalecido, obtenido bien mediante la separación isotópica, o bien como resultado de transformaciones nucleares realizadas en pilas del tipo Hanford, o en las pilas de energía mismas. En este caso el contenido activo de las pilas queda incrementado, y con él, el margen en el factor de reproducción. En las pilas así construídas hay mayor libertad para el uso de los materiales estructurales y refrigerantes, pero quedan sin resolver los problemas de corrosión, y, al mismo tiempo, dichas pilas consumen un combustible mucho más costoso.

Otra dificultad que presenta todo tipo de pila es el peligro de las radiaciones, formadas, en partes iguales, de los neutrones mismos y de los Rayos gamma que resultan de la captura de los neutrones en la pila y de los productos de fisión radioactiva. Todo ello requiere pesadas corazas que rodean la pila y un sistema de mando a distancia; es también preciso un sistema que impida el escape de los materiales radioactivos a través del refrigerante hasta la maquinaria movida por la pila: de otro modo dicha maquinaria resultaría radioactiva y tendría que operar dentro de la coraza de protección, teniendo que ser manejada y mantenida por medio de mando a distancia. Igual procedimiento ha de utilizarse para la alimentación de la pila y remoción del combustible ya consumido. Todos estos obstáculos han sido salvados en las pilas hoy en funcionamiento, pero representan graves limitaciones en su diseño y construcción.

VENTAJAS DE LA ENERGIA ATOMICA

Hemos visto que si bien no están aún resueltos todos los problemas de ingeniería que presenta la producción de la energía atómica, son, a lo menos, solubles. Pero, ¿qué ganaríamos con hacer posible la utilización de la energía atómica en gran escala? Nos ocuparemos primero de las grandes plantas estacionarias para la producción de electricidad.

El costo de la electricidad producida por dichas estaciones dependerá del costo del combustible, del interés del capital, de los gastos de explotación de la pila y plantas auxiliares, y del costo de la maquinaria de generación y gastos de distribución. Este último capítulo será más o menos idéntico al de las estaciones generadoras ordinarias, con la excepción de que la locación de las plantas atómicas puede depender de distintos factores que influyan en los gastos de distribución. La pila misma representa un capital mucho más elevado que una planta térmica, aunque no necesariamente un mayor costo de operación, y no puede determinarse sin conocer el tipo de pila y su diseño. Y como los materiales puros que la componen — uranio, grafito, etc. — representan un capítulo muy importante, el costo dependerá de la escala de producción de los mismos, y, en último término, del programa total de producción atómica.

El costo de las materias primas, según los precios del mercado de la pre-guerra, es muy pequeño en comparación con el de una cantidad comparable de carbón. Es indudable, por otra parte, que las aplicaciones de la energía atómica convierten al uranio en un material muy valioso, y que, debido a su importancia militar, no existe un mercado libre. Pero aunque se produjese un alza considerable en el precio de la materia prima, no influiría visiblemente en el costo de la electricidad producida.

Todas esta consideraciones muestran que como hoy en día el costo de generación y distribución eléctrica es uno de los mayores capítulos en el precio de la electricidad producida por medio de generadores térmicos, y dicho costo sería casi idéntico en el caso de la producida atómicamente, aunque supusiesemos que el costo de la pila fuese igual al de una planta a base de carbón y que el combustible no costase nada, el precio de la electricidad atómica sólo quedaría reducido en un 20 o 30%.

Una reciente declaración oficial de las autoridades norteamericanas confirma estos rudos cálculos, estableciendo un precio que es ligeramente superior al actual. Un ligero aumento en el costo del carbón puesto en la estación generadora igualaría la diferencia.

Se deduce que no es de esperar un cambio revolucionario en el precio de la electricidad. Una ventaja específica de la energía atómica es el mínimo volumen del combustible consumido, lo que independiza las estaciones generadoras de los ferrocarriles y canales, permitiendo la erección de las plantas próximas a los consumidores, y ofreciendo asimismo la oportunidad de situar las estaciones en localidades en donde el calor residual de la generación de energía pueda ser utilizado para plantas de calefacción o usos industriales.

Además, la energía atómica puede incrementar las presentes fuentes de poder en el caso posible del agotamiento de los depósitos conocidos de carbón, o de la escasez de operarios que se dediquen a la minería, ya que si el costo es idéntico será preferible emplear menos mano de obra en las minas de carbón. Con todo, no debe suponerse que las estaciones atómicas reduzcan de inmediato la demanda de carbón, puesto que, aparte del tiempo requerido para su desarrollo, se necesitará un largo período para construir una red de estaciones atómicas en una escala tal que pueda influir en la economía mundial. Y aún se tardará más tiempo en electrificar todos los ferrocarriles, calefacción doméstica, etc., conversión que resultaría económica sólo en el caso de que el precio del carbón aumentase en relación con el de la electricidad. En todo caso, debemos recordar que siempre se ha de requerir, como es natural, carbón para ciertos fines metalúrgicos, químicos, etc.

Todas estas consideraciones están basadas en la suposición de que se disponga de suficiente cantidad de combustible atómico, problema del que tratamos en la sección que sigue.

SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS

De la sección anterior se deduce que la disponibilidad de combustible atómico es premisa fundamental para el éxito de todo proyecto de energía atómica. Sería bien fácil presentar un presupuesto de los depósitos disponibles de los minerales adecuados, comparándolos con la demanda preveíble; pero existen otros factores que complican dicho problema. En primer lugar, las únicas pilas atómicas de gran tamaño en operación hasta hoy día, funcionan a base de uranio ordinario; y como el constituyente principal de dicho mineral es el uranio 238, que no sufre fisión con los neutrones lentos con que operan dichas pilas, sólo el otro constituyente de mayor rareza, uranio 235, es el que se consume en dicha operación. Este último representa sólo un 0,7% del uranio en estado natural. Sin embargo, en el curso de la operación referida, algunos neutrones quedan capturados en el uranio 238 convertiéndolo (por medio del núcleo intermediario, neptunio 239) en plutonio 239, conversión que, como es sabido, es la función principal de las pilas de Hanford. Se ha afirmado que el número ν de neutrones secundarios obtenidos en cada fisión es mayor de uno (ya que de otro modo no se produciría la reacción en cadena) y menor de tres. Para mantener la reacción en cadena, uno de estos neutrones secundarios producto de cada fisión debe quedar capturado en otro núcleo fisible, mientras que el resto ($\nu - 1$) escapará de la superficie de la pila, o será absorbido por uno de sus constituyentes. El escape puede ser disminuído aumentando el tamaño de la pila, pero hay siempre pérdidas inevitables debido a la absorción en el « moderador » (es decir: la substancia utilizada para retardar los neutrones, que en el caso de la pila Hanford es el grafito), en el refrigerante, y en los elementos estructurales de la pila. El resto queda en situación de poder ser absorbido en el uranio 238 o en cualquier otra substancia inserta en la pila para dicho fin; dicho número es menor que $\nu - 1$, y según los datos publicados es ciertamente menor de 2. Sabemos por lo tanto con toda certeza que por cada átomo de 235 consumido en la pila se producen, cuando menos, dos átomos de plutonio, y que esta cifra es quizás demasiado elevada.

Si fuese posible hacer funcionar la pila de manera que este número fuera mayor de uno, entonces la cantidad de plutonio generada sería mayor que la cantidad de 235 consumida; lo cual significaría, dado que las propiedades del plutonio sean semejantes a las del 235, que si dejásemos una fracción apropiada del plutonio generado en la pila, serviría para sustituir al uranio 235 consumido, con lo que tal pila podría continuar operando hasta la total consumición del uranio 238 y la resultante disminución de producción plutónica. Sería posible en dichas condiciones consumir no sólo el uranio 235 sino también una fracción substancial del uranio 238.

De acuerdo con nuestras premisas, la condición necesaria para dicho proceso es que $\nu - 1$ sea mayor que uno, es decir, que ν exceda a dos. En las cifras publicadas no hay indicación de que sea así. Y, en realidad, nos basamos sobre la suposición de que el plutonio es un combustible de

idéntica calidad que el uranio 235; en el caso de que sea muy distinto, el límite crítico de ν puede variar considerablemente de dos. Y resultará, además, aumentado debido a la pérdida inevitable de neutrones por absorción en otras partes de la pila.

Y como, al continuar dicho proceso, el combustible consumido será el plutonio en lugar del uranio 235, el éxito dependerá también del valor de ν en la fisión del plutonio.

Por último, es sabido que se puede crear un nuevo material fisible mediante el bombardeo neutrónico del torio, y que este nuevo material, que es un isótopo del uranio de peso 233, puede ser también conveniente para una reacción en cadena. No tenemos datos acerca de la valía de este isótopo como combustible atómico comparado con el uranio 235 o el plutonio, ni del número de neutrones emitidos en su fisión. Existe, además, la posibilidad de que haya otros procesos similares, aún por descubrir, a base de otras materias primas, pero no parece muy probable.

Todas las incertidumbres mencionadas obscurecen considerablemente la posición respecto de dichas materias primas. Si resulta que una pila que comienza a funcionar con uranio ordinario produce una cantidad de plutonio que más que compense la consumición de uranio 235, y que la pila, al funcionar a base de este plutonio, produce más que consume, será entonces posible utilizar la mayor parte de los átomos del uranio ordinario. Pero, por otra parte, dicho material quedará casi inservible una vez consumida una fracción substancial de sus átomos de uranio 235, si no se verifica tal proceso. Existe por lo tanto una gran incertidumbre acerca de la cantidad de uranio requerida para mantener una producción dada de energía. Alternativamente, podemos conducir la reacción de tal modo que ciertos neutrones excedentes no sean absorbidos en el uranio 238, sino en el torio, y si resultase que la producción de 233 más que compensa la consumición inicial de 235 o de plutonio y más adelante de 233, cuando este último se convierte en el combustible más importante de la pila, sería posible hacer funcionar las estaciones de manera en que, en último término, el torio es el único combustible, sin necesitar una continua consumición de uranio. Lo cual serviría para enriquecer considerablemente las reservas disponibles de materias primas.

Aparte de dicha incertidumbre, es también muy difícil determinar la cantidad disponible de uranio. Hoy sólo conocemos algunos depósitos de mineral de uranio en concentración suficiente para hacer económica su extracción; pero aunque las nuevas exploraciones no condujesen al descubrimiento de otros depósitos, es bien sabido que el uranio es un elemento contenido comunmente en muchos minerales (como el granito ordinario) aunque en concentraciones muy bajas. Hasta ahora no se han ideado métodos que hagan conveniente su extracción a base de minerales tan pobres; aunque dicha concentración es mayor que la del oro en la mayoría de los minerales de que se extrae comercialmente dicho metal; y es muy posible que por medio de algun proceso químico se facilitase la extracción del uranio. Esto haría disponibles suficientes cantidades de uranio para la realización de un programa de explotación de la energía atómica tal como podemos hoy preveer para el futuro próximo.

Es evidente que la cuestión de si un proceso especial de extracción haría económica la operación a base de minerales pobres depende del precio a que debe suministrarse el combustible atómico para que la energía de él derivada pueda competir con éxito con la de otros combustibles. Actualmente, el precio del uranio es sólo una pequeña fracción del costo presupuestado de la fuerza atómica, y un aumento considerable en los gastos de minería y extracción no supondría una alteración substancial de su precio. El límite depende del lugar en donde se proponga la construcción de las plantas, debido al coste del transporte del combustible, y a la probabilidad del incremento en el precio de éste, causado por el agotamiento de los depósitos más favorables, y por otros factores.

Debemos deducir, por lo tanto, que aunque la incertidumbre en todos estos factores no nos permita asegurar la certeza de un suministro suficiente de combustible atómico, es también imposible, de momento, excluir dicha posibilidad. Pero la promesa que ofrece justifica en sí el estudio intenso de dicho problema.

ENERGIA MOVIL Y DEMAS APLICACIONES ESPECIFICAS

¿Puede utilizarse la energía atómica en los motores de barcos, trenes, etc.? Toda una serie de factores hace que su empleo en pequeños motores sea anti-económico; el primero es lo que llamaremos el « tamaño crítico ». Es sabido que para cada sistema de reacción existe un tamaño mínimo que hace posible dicha reacción, ya que si el sistema fuese menor, la pérdida de neutrones en su superficie reduciría el factor de reproducción bajo el límite crítico. De aquí que sólo sea permisible una pequeña pérdida de neutrones, y que el tamaño mínimo de la planta sea bastante

considerable. Si se quiere tener un motor de poca potencia, la planta necesaria tendrá, a pesar de ello, que alcanzar a lo menos el « tamaño crítico », lo que supone un volumen considerable. Es más, la cantidad de combustible atómico incluída en tal motor es también de gran tamaño, lo que significa que la planta entera representa una extensa capitalización.

La solución a dicho problema se facilita si es posible usar combustible atómico concentrado, esto es: o bien uranio 235 obtenido en una planta de separación, o bien plutonio, o posiblemente uranio 233 derivado del torio. En dichas substancias el factor de reproducción es mucho mayor, reduciendo por consiguiente el tamaño crítico a una cifra conveniente. En efecto, es probable que en la práctica el tamaño de tales motores esté determinado por el tamaño de las superficies internas de refrigeración. Pero por otra parte, estos combustibles atómicos concentrados son mucho más caros; en el caso del uranio 235, su producción habría de realizarse por medio de una planta de separación isotópica del tipo de las que produjeron el material para una de las variedades de la bomba atómica, aunque el grado de separación necesario no sea el mismo que en este último caso; el plutonio y el uranio 233 se producen en pilas, y su costo depende principalmente de los factores ya considerados en la anterior sección. Si resulta posible no sólo la regeneración del material fisible necesario para mantener una pila en operación, sino también la superproducción del mismo, sería comparativamente fácil obtener dichos materiales fisibles como residuos de la producción de energía.

Pero aún en las pilas a base de combustible concentrado todavía queda el problema de las corazas de protección, cuyo peso mínimo se ha calculado en unas cien toneladas, lo que hace imposible su uso en trenes y automóviles, aunque dicho peso es bien modesto si se piensa en usarlas en buques de gran tamaño. Y aún es posible, en este caso, utilizar el agua que rodea al barco como parte de la coraza, reduciéndose así el peso muerto que debe cargársele. La practicabilidad de los buques atómicos se convierte por lo tanto en una cuestión meramente económica; y al comparar el costo de uno de estos navíos con el de los de carbón y petróleo ha de tenerse en cuenta que el combustible utilizado ha de ser concentrado, ya que un motor del tamaño de las pilas de Hanford no podría ser utilizado en un buque. El precio de dicho combustible no se puede calcular hoy día. Pero por otra parte, es una gran ventaja que el peso del combustible que se ha de consumir durante el viaje sea mínimo, factor muy importante en el caso de largos viajes sin necesidad de reabastecimiento.

En cuanto a los aeroplanos, la necesidad de una coraza de protección presenta un grave problema, que no puede resolverse prácticamente sin un aumento general del tamaño del avión, de los campos de aterrizaje, etc. Y aún entonces, no sería un sistema muy conveniente utilizar como fuerza motriz máquinas de vapor a base de la baja temperatura originada por la pila; la solución del problema depende, por lo tanto, de la elevación de la temperatura pilar a un nivel que haga posible su conversión a formas más modernas de energía mecánica. Por otra parte, el mínimo peso del combustible es un factor importantísimo en el caso de los aviones; un aeroplano atómico tendría un alcance ilimitado sin reducción de su capacidad de transporte.

Problema de particular interés es el de la utilización de la energía atómica en los cohetes para la comunicación interplanetaria. Desde el punto de vista del mero balance de energía, el poder atómico resuelve las más importantes dificultades que existen en otros tipos de cohetes, ya que en éstos la energía necesaria para transportar un cierto peso de combustible más allá del campo gravitacional es mayor que la energía obtenida de dicho combustible, mientras que en el caso del combustible atómico sólo forma una fracción negligible. Sin embargo, los cohetes funcionan a base de la reacción producida por la expulsión de los productos de combustión, y como la masa de dichos productos es mínima en el caso de la energía atómica, los cohetes de este tipo tendrían que transportar un material especial para ser expulsado, perdiéndose así una de las ventajas del reducido peso del combustible, a menos que fuese posible obtener una velocidad de expulsión muy superior a la de los productos de combustión de las substancias ordinarias. Esto significaría la utilización de la energía atómica para calentar una substancia determinada a una temperatura superior a la de las llamas de los cohetes ordinarios. Teóricamente no hay nada que impida dicho resultado dentro del proceso de reacción en cadena, pero es evidente que las dificultades desde el punto de vista mecánico son formidables.

ELEMENTOS RADIOACTIVOS

Dejando las especulaciones y volviendo a los hechos ya bien establecidos, consideremos ahora el uso de los elementos radioactivos producidos en las pilas, bien como fragmentos de fisión o bien

por el bombardeo neutrónico de casi cualquier substancia. Dichos elementos pueden utilizarse para cualquiera de los fines que hasta ahora se han usado los elementos radioactivos, en la medicina y en la radiología industrial. Se están haciendo, además, mucho más comunes y obtenibles en cantidad prácticamente ilimitada, y con propiedades mucho más variadas. Así, por ejemplo, un médico puede elegir para un tratamiento un elemento radioactivo de una duración conveniente e inyectarlo cerca del lugar afectado; la cesación de la actividad limita así la dosis total. Existe al mismo tiempo una mayor libertad en la elección de la dureza de la radiación. Se puede también acumular la radioactividad en una parte determinada del cuerpo humano mediante la elección de un isótopo radioactivo de un determinado elemento, principio utilizado con éxito en los Estados Unidos en el tratamiento de una forma rara de enfermedad tiroidal a base del yodo radioactivo.

En la radiología es a veces preferible el uso de los Rayos gamma al de los Rayos X, debido al mayor poder de penetración de los primeros y a la posibilidad de uso de una bujía muy compacta que puede introducirse en una apertura en la que no cabría un tubo de Rayos X. Las pilas atómicas pueden producir dichas fuentes de radiación con intensidades muy superiores a la del radium.

Aplicación mucho más importante es la utilización de los detectores radioactivos para las investigaciones químicas y biológicas, originándose así la posibilidad de « marcar » un átomo que puede ser después reconocido tras haber tomado parte en un proceso cuya historia es idéntica a la de otros átomos del mismo elemento. Esto nos permite reconocer, por ejemplo, el intercambio de dos átomos de un mismo elemento entre dos moléculas diferentes, así como también la identificación del origen de ciertas substancias en un organismo vivo, para averiguar, por ejemplo, si se introducen por medio de los productos alimenticios o si se derivan de los depósitos de la misma substancia existentes en otras del organismo. Dichos métodos de detección se empleaban ya antes de la guerra, utilizándose isótopos radioactivos producidos en los laboratorios a base de ciclotrones y de otras máquinas. Las pilas atómicas ofrecen ahora mayor cantidad y variedad.

Otra ventaja de tales detectores es que su actividad hace posible el observarlos mientras se hallan dentro del organismo vivo, mientras que su baja radiación suprime todo peligro. Es evidente que dicho método de estudio de las reacciones químicas dentro de un organismo es un instrumento de grandes posibilidades.

Existen, del mismo modo, otras aplicaciones de dichos elementos detectores en otros campos, especialmente en las investigaciones de ingeniería, aunque tales posibilidades no estén aún plenamente exploradas.

Las cantidades requeridas para tales experimentos son, por lo general, muy reducidas, de modo que una pequeña pila que produce una energía reducida puede muy bien satisfacer los requerimientos de un número de laboratorios. En los Estados Unidos, dichos detectores radioactivos pueden obtenerse libremente, pero su exportación está prohibida según una ley del Congreso. En Inglaterra se está construyendo una pila para dicho objeto.

OTRAS APLICACIONES

Todas las aplicaciones mencionadas son, en realidad, una manera de hacer algo mejor, más barato y más convenientemente, que puede también hacerse por otros medios. Pero hasta ahora nadie ha mostrado la suficiente imaginación para idear usos enteramente nuevos de la energía atómica. Tal argumento, sin embargo, aplicado a la máquina de vapor, la electricidad y el motor de combustión interna, cuando fueron discutidos por vez primera, hubiera dado una idea muy incompleta de la promesa que en ellos se encerraba. Es por lo tanto muy posible que las aplicaciones verdaderamente importantes de la energía atómica no sean imaginadas hasta que el mundo se haya acostumbrado a sus nuevas posibilidades.

Como quiera que ello sea, es de esperar que el presente estudio, un tanto vago e incompleto, sirva para dar una idea de la gran riqueza de posibilidades que abre la energía atómica y que, dadas suficiente energía y determinación en explorarlas, han de servir para aumentar considerablemente los recursos de la humanidad.

BIBLIOGRAFIA

SMYTH, H. D. *Atomic Energy for Military Purposes* (reimpreso por by H.M. Stationery Office).

Statements Relating to the Atomic Bomb (H.M. Stationery Office).

Atomic Survey (publicado por Atomic Scientists' Association).

VOLKOFF, G. M., y WALLACE, P. R. *Atomic Energy* (publicado por Canadian Association of Scientific Workers).

Penguin Science News, II (Febrero 1947).

NIMMO, R. R., *Atomic Energy* (Pilot Press, 1947).

El Real Jardín Botánico de Kew

SIR EDWARD SALISBURY

En todo el mundo se conoce « Kew Gardens »; para el lego es una de las cosas que deben verse en Londres, para el botánico, horticultor y arboricultor es la Meca de su especialidad. Las cuatro secciones en que se divide: colecciones vivas, herbario, museos y laboratorio de investigación, forman un instrumento único para la colección y expansión del conocimiento de las plantas y de los productos vegetales. Sir Edward Salisbury, su actual Director, describe los jardines y los principales servicios que han prestado para el estudio de la vida vegetal.

El Real Jardín Botánico de Kew, en Londres, es una institución que, de manera típicamente inglesa, tuvo su origen como una institución privada. Su origen viene de hace unos 180 años, cuando la Princesa Augusta (madre del rey Jorge III) comenzó una colección botánica que, debido al talento de Sir Joseph Banks, alcanzó inmediatamente primordial importancia. Aún así, las colecciones declinaron durante los primeros años del siglo XIX, y pudieran haberse perdido como valor nacional a no ser por el informe de Lindley, primer ocupante de la cátedra « Quain » de Botánica en la Universidad de Londres. Los jardines, tal como los conocemos hoy, deben gran parte de su belleza a los dos primeros directores, Sir William y Sir Joseph Hooker, sucedidos después por Sir William Thiselton Dyer, Sir David Prain, y Sir Arthur Hill, quienes, en turno, supieron también aumentar su valor.

La extensión de los actuales jardines es de unas 120 hectáreas — área mucho mayor que la primitiva — debido a la adición de un segundo jardín, de donde se deriva el plural en el título oficial inglés. Aunque todos los ingleses se sienten sin duda orgullosos de Kew, su valor real es probablemente más apreciado por los habitantes del Imperio de ultramar, ya que los primeros consideran Kew principalmente como un encantador parque, y aunque no deben despreciarse sus bellezas florales, la comprensión de que su valor recreativo es sólo efecto de su verdadera función pudiera quizás inducir al visitante a considerar con mayor interés y respeto los ejemplares botánicos que allí se contienen.

El número de especies vivas cultivadas es considerable, lo cual es un tributo tanto para la habilidad del personal del Jardín como para la adaptabilidad de las plantas mismas que pueden, en muchos casos, hallarse cultivadas a cielo raso aunque provengan de las regiones y terrenos más diversos. Lo que es probablemente el invernadero más grande del mundo, con el nombre de « Temperate House », de más de 200 metros de longitud, contiene las Acacias y Epacridas de Australia y Nueva Zelandia, las Camelias del Japón, una magnífica colección de helechos, rododendros del Himalaya y de Java, los maravillosos ramos de la *Magnolia mollicomata*, y las flamígeras flores de la Tibuchina de la América tropical. De allí podemos pasar a la gran Casa de las Palmas, obra maestra de Decimus Burton, tan bien proporcionada que su gran tamaño pasa casi desapercibido: más de 100 m. por 20 m. de altura. En ella, una colección de cicadáceas nos da idea de lo que debió de ser la vegetación terrestre durante el período jurásico, cuando las plantas que cubrían no sólo los trópicos sino el resto del planeta eran afines a dicha familia. Podemos contemplar también allí los pinos y las altas palmas que se esfuerzan por romper el tejado. O podemos asimismo ir a la Casa de los Helechos tropicales y observar a los helechos gigantes junto a los diminutos descendientes de los licópodos gigantes característicos de las selvas de la época carbonífera. Y así, después de haber pagado tributo a las modas pasadas en la vida vegetal, que alcanzaron todo su esplendor en épocas ya idas, pasamos al Arboretum, donde millares de especies de árboles dicotiledóneos y coníferos representan los tipos dominantes de la vegetación arbórea de nuestros días.

Todas estas colecciones de plantas vivas, que comprenden más de cuarenta mil especies, agrupadas de modo que sirvan de enseñanza y deleite, no son sino una parte de las actividades de Kew encaminadas a la exacta nomencluración vegetal y al progreso del conocimiento botánico. En realidad, las colecciones vivas son sólo un suplemento del Herbario, contenido en el gran edificio al norte de la entrada principal, donde se conservan más de cinco millones de ejemplares, vasta colección en la que la proporción de tipos, co-tipos y para-tipos es incomparablemente elevada. Debido a lo cual,

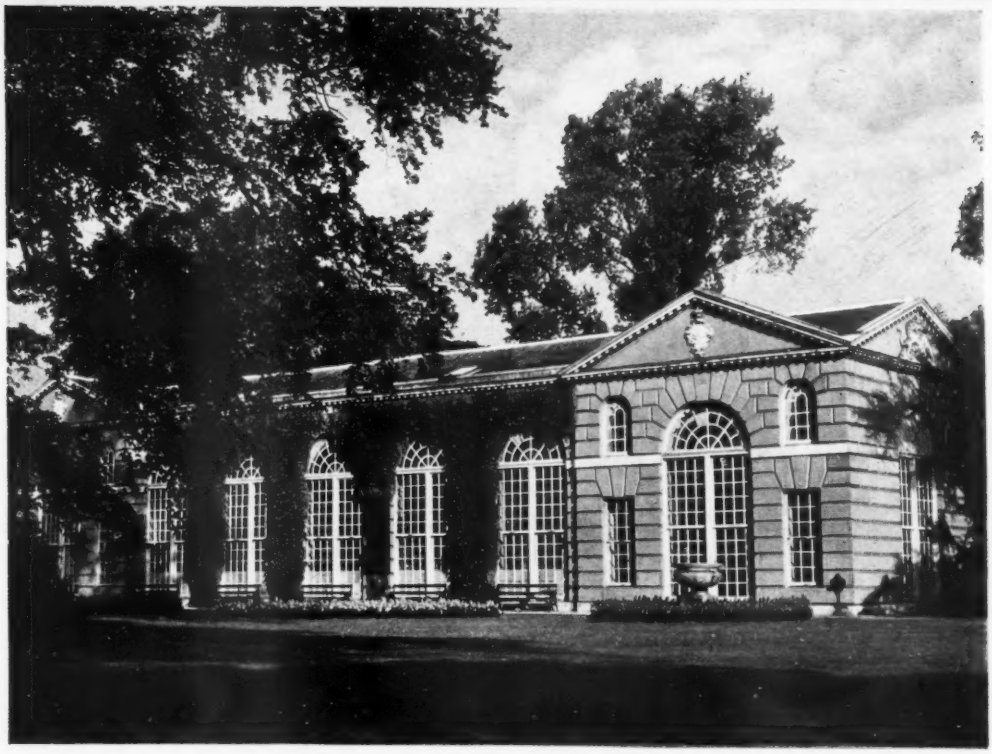


FIGURA 1 – *Museo No. III, erigido por Sir William Chambers*, 1761.

FIGURA 2 – *La pagoda, reliquia del estilo oriental, erigida en* 1761.

FIGURA 3 – *Vista de la colección de cicadas en la Casa de las Palmas.*

FIGURA 4 (*arriba*) – *Rododendros y tulipanes en la Gran Avenida.*

FIGURA 5 (*izquierda*) – *Parte del jardín de rocas.*

FIGURA 6 – *La Casa de las Palmas, obra maestra de Decimus Burton, erigida en* 1844–8.

el Herbario de Kew sobrepasa en importancia a toda colección de carácter cosmopolita que pueda haber en el mundo, de donde se deduce que Kew es como la Meca del taxonomista, y allí se encuentran, en épocas normales, botánicos sistemáticos realizando continuas investigaciones. Como es natural, las colecciones de Kew son especialmente ricas en tipos del Imperio Británico, habiéndose derivado de dicha institución la larga serie de Floras, desde la famosa *Flora Antarctica* y la Flora de la India Británica, publicadas entre 1872 y 1897, que trataban unas 14.000 especies, hasta la Flora del Africa ecuatorial occidental, aparecida justo antes de la última guerra. También se edita allí el *Index Kewensis*, en el que se enumeran los binominales latinos de todas las plantas de flor, con referencias a la fuente de descripción original. Cada cinco años se publica un suplemento que incluye todas las plantas nuevamente descritas que pertenezcan a dicha categoría, formando el conjunto un instrumento indispensable para los taxonomistas botánicos. Gran parte de los conocimientos y experiencia adquiridos en Kew respecto de la taxonomía de ciertas regiones se hallan incluídos en las series de Floras ya mencionadas y en numerosas monografías de familias y géneros particulares. En efecto, el Herbario, con su gran biblioteca, es un extenso centro de investigaciones taxonómicas, donde un personal permanente ayudado por investigadores extranjeros se esfuerza por avanzar continuamente nuestro conocimiento de la flora mundial.

El *Kew Bulletin of Miscellaneous Information* es el medio de que nos servimos para seleccionar la mayor parte de las investigaciones de gran especialización que se realizan en Kew, tanto en el campo de la taxonomía pura, como en el de la morfología vegetal, botánica económica, y exploración botánica, siendo muy penoso el que por haber quedado destruídos en ataques aéreos enemigos los depósitos de dicha publicación, nos vemos imposibilitados de suministrar todos los ejemplares que nos piden desde distintas partes del mundo.

En el Laboratorio Jodrell se llevan a cabo investigaciones experimentales, siendo también el departamento encargado de los estudios anatómicos. En dicho laboratorio se ha producido un nuevo estudio taxonómico de las plantas dicotiledóneas, que será publicado por *Oxford University Press* próximamente. En el se hallará toda la información contenida en la edición inglesa de Solereder, en la que el Dr. Boodle (Director que fué del Jodrell Laboratory) tuvo intervención tan importante, junto con una gran masa de datos acumulados durante los últimos cuarenta años. Fué en dicho laboratorio donde se llevaron a cabo los experimentos fisiológicos clásicos de Brown y Escombe, y donde D. H. Scott estudió las plantas fósiles, y donde, durante la guerra, se investigaron las posibilidades de extraer goma del diente de león (*Taraxacum kok-saghys*) en Inglaterra. También se han estudiado los métodos de propagación a base de substancias que ayuden el crecimiento, y la citología taxonómica. Lo mismo que en el Herbario, recibimos en el laboratorio visitas de botánicos extranjeros que trabajan a base del rico material que Kew puede ofrecerles.

Situados en distintas partes de los jardines, cuatro museos de Botánica económica encierran extensas colecciones de los productos vegetales. No sólo sirven como fuentes de información para responder a las infinitas indagaciones que se reciben de todas partes del mundo, sino que también ofrecen riquísimo material de investigación. La vasta collección de fibras, maderas, drogas, productos alimenticios en estado crudo o manufacturado, se halla ordenada según un sistema taxonómico.

Y así, las cuatro grandes divisiones de la Institución, a saber: Herbario, Colecciones, Museo y Laboratorio, constituyen un poderoso instrumento de investigación e información referente a la identidad y características de las plantas y sus productos.

Pero mientras las colecciones vivas tienen primordial importancia, como suplemento del *hortus siccus* representan un papel importantísimo como fuente de la que se han derivado multitud de especies económicas distribuídas por todo el Imperio. Es bien conocida la intervención que Kew tuvo en la iniciación de las plantaciones gomeras y de la industria de la cinchona; también se originó allí la diseminación del cacao y de la palma aceitera por el Africa occidental, de la piña en gran número de regiones, de la nuez *Macadamia ternifolia* en Hawaii, y más recientemente del árbol acietero Aleurites en varios dominios y colonias. Estos no son sino algunos ejemplos de la extendida distribución vegetal que el perfeccionado manejo técnico de los métodos de propagación ha hecho posible. En relación con las investigaciones en los bananeros de las Indias occidentales, Kew funcionó no sólo como una agencia de distribución, sino también como estación de cuarentena. Este último aspecto ha aumentado considerablemente en importancia debido al incremento en la importación de virus contagiosos, ya que si se envía de una a otra parte del mundo una planta contagiosa ello supondría una amenaza más que un servicio.

El gran número de visitantes que todos los años vienen a Kew es prueba de su gran popularidad como lugar de recreo, y aunque para muchos es ésa su única función, ofrece a otros constante exposición de horticultura donde las especies recién introducidas pueden ser observadas por el estudiante de botánica, el investigador y el cultivador aficionado o profesional. Los tres gruesos volúmenes de *Trees and Shrubs Hardy in the British Isles* por W. J. Bean, antiguo curador de Kew, es obra clásica de la jardinería y en ella se encierra mucha sabiduría sobre el cultivo, que se ha ido acumulando con el paso de los años. Otra tal, el *The Botanical Magazine*, iniciada por William Curtis,[1] que durante más de un siglo ha venido siendo editada en Kew, y que contiene ilustraciones en color y descripciones de especies nuevas y dignas de mención. Se comprenderá también que la experiencia horticultural que durante más de un siglo ha venido acumulándose en Kew permite que este centro sea lugar de aprendizaje y preparación de horticultores. Además, otras muchas instituciones científicas hacen uso para sus investigaciones de los materiales producidos en los jardines, materiales que cubren un campo muy extenso.

Todos los días recibimos demandas de dicho material: puede ser requerido para probar el principio activo de un alcaloide vegetal, para investigar el número cromosómico de un sospechado poliploide, o para comparar las características epidérmicas de una cicada viva con un prototipo jurásico. No es preciso decir que, debido a las limitaciones de espacio y de personal, Kew no puede intentar el suministro completo de material educativo en el sentido más amplio, pero cuando sus materiales son requeridos para investigaciones auténticas, se ofrecen libremente a los investigadores, universidades y otras instituciones reconocidas, siempre que no imposibiliten el mantenimiento de las colecciones. Nuestro contacto con botánicos extranjeros es una de las tradiciones más valiosas, y es satisfactorio poder señalar aquí que aunque dicho contacto disminuyó durante la guerra, no llegó a cesar del todo, y hoy comienza a restablecerse plenamente.

El jardín botánico primitivo tenía sólo unas cuatro hectáreas, conservando dicho tamaño hasta 1840 aproximadamente cuando, siendo Sir William Hooker el primer director, se añadieron los terrenos que hoy lo componen. La única extensión importante desde entonces fué la adición de las diecisiete hectáreas regaladas por la Reina Victoria, y en ellas se contienen los campos de la Casita de la Reina, los cuales, debido a la condición establecida de que habían de conservarse más o menos en estado silvestre, no pueden utilizarse más que para plantar en ellos especies nativas.

El área adquirida hace un siglo parecía entonces más que suficiente, y de aquí el generoso empleo del espacio, repitiéndose idénticas especies en avenidas y otras formas. Pero desde dicha fecha, la invasión de especies del Viejo y del Nuevo Mundo ha puesto de manifiesto la limitación de su extensión, hasta el punto que, en el momento presente, sería muy conveniente la adición de un área mucho mayor. Los invernaderos son también bastante inadecuados.

La Casa de la Palmeras tardó cuatro años en construírse, siendo completada en 1848, mientras que la Casa Tropical fué erigida diez años más tarde y, como los demás invernaderos de Kew, es hoy demasiado pequeña para las necesidades presentes, a pesar de que ocupa más de ⅓ hectárea. Ambas Casas sufrieron daños durante la guerra, rompiéndose gran cantidad de cristales en la Tropical al estallar una gran bomba entre el ramaje de un haya cercana. Gracias a los esfuerzos y habilidad del personal, las pérdidas resultantes fueron mucho menores de lo que se temía. La Casa de las Orquídeas, enriquecida con los donativos de la colección de Sir J. Colman, contiene hoy una colección notable de especies. Las Casas restantes encierran colecciones de especies económicas, de helechos tropicales y templados y de plantas insectívoras, mientras que para el público la mayor atracción, después del Conservatorio, donde se exhiben plantas decorativas, estriba en la Casa de la *Victoria regia*, donde florece dicha gigantesca especie anual.

A cielo raso, los macizos ofrecen valioso material a los estudiosos, y las especies arbóreas y de arbustos están también agrupadas taxonómicamente. Una reciente innovación en este sistema, en beneficio del cultivo eficaz y del interés educativo, consiste en el establecimiento de un jardín sobre suelo de creta.

Las distintas partes de Kew ofrecen una variedad de estilos de paisaje de jardinería, pero afortunadamente predomina el estilo inglés, como corresponde a un jardín botánico, debido en gran parte a la influencia de Kent, Sir W. Chalmers, y Pope, que vivía en Twickenham. El ideal perseguido es la presentación del crecimiento natural y hábitos de las especies, y muy bien pudiera servir de divisa de los jardines de Kew la frase « Ciencia y Belleza ».

[1] ENDEAVOUR, Enero 1946.

La Sociedad de Química (de Londres) tras cien años de existencia

C. S. GIBSON

Por ser la Sociedad de su tipo más antigua del mundo, la Sociedad de Química de Londres no debe encontrar rival que le dispute el título más breve de « La Sociedad de Química ». Durante más de un siglo, sus miembros y directivos han abierto nuevas rutas en el progreso del conocimiento químico, y la reputación de la Sociedad brilla entre las primeras del mundo. Celebra este año oficialmente su Centenario, y con esta ocasión ofrecemos toda clase de felicitaciones a la Sociedad, deseándole una existencia larga y vigorosa.

En 1938 S.M. Jorge VI honró con su patronato la Sociedad de Química (de Londres), cuyo Consejo inició las tareas para la celebración de su centenario en 1941 nombrando un Comité ejecutivo y otro de organización. En la XCVIII Asamblea anual de 1939, Sir Robert Robinson, Catedrático de Química de la Universidad de Oxford fué nombrado presidente, esperándose que también había de presidir en las ceremonias del centenario, señaladas para abril de 1941, y que habían de ser seguidas inmediatamente por el XI Congreso Internacional de Química.

Pero todos estos preparativos hubieron de ser suspendidos en septiembre de 1939, estimándose que la formación de un Consejo consultivo de investigaciones químicas era mucho más importante desde el punto de vista del interés nacional que la continuación de los preparativos para la celebración del centenario de la Sociedad, aunque se tratase de la sociedad de Química más antigua del mundo.[1] Sir Robert Robinson mismo presidió la C Asamblea anual, en línea directa de sucesión desde Thomas Graham, Presidente en 1841. En el discurso presidencial del centenario, Sir Robert Robinson, tras traer a la memoria algunos incidentes de los orígenes de la Sociedad y señalar los servicios que a la Ciencia rindieron Thomas Graham y Robert Warington, el primer secretario, como fundadores de la Sociedad de Química,[2] pronunció las siguientes palabras de aliento:

> No es el presente tiempo para ocasiones festivas, ni para reuniones con nuestros miembros correspondientes, ni, en general, para el intercambio intelectual internacional, ni, ciertamente, lo es para la organización de un congreso científico. Por todo lo cual, el Consejo ha decidido aplazar la celebración del centenario, que deberá componerse de todos los elementos dichos después de la guerra. Esta decisión no es en realidad negativa, sino más bien una afirmación de nuestra intención de organizar, lo más pronto posible, una celebración digna de la espléndida actuación de la Sociedad y de su elevada posición entre las instituciones culturales del mundo.

El Profesor J. C. Philip (Secretario de 1913 a 24, Consejero durante nueve años, Presidente del Departamento de Recensiones químicas durante los primeros nueve años, 1923–32), sucedió en la presidencia a Sir Robert Robinson. Pocos han servido a la Sociedad más fielmente y con mayor eficacia que el Profesor Philip, cuya muerte, cuatro meses después de su nombramiento, fué una grave pérdida. El Profesor Philip se había encargado de redactar la Historia de la Sociedad para su centenario, que será completada por el Profesor T. S. Moore, quien, como secretario y presidente del Comité de Publicaciones ha prestado valiosos servicios a la Sociedad. Sucedió en la presidencia al Profesor Philip el Dr. W. H. Mills (Cambridge), y el sucesor de éste, el Profesor W. N. Haworth fué el encargado de dirigir los destinos de la Sociedad durante el último año de la guerra y el primero del difícil período de postguerra. El Profesor Haworth, ayudado por los miembros del consejo y

[1] La inspiración personal de Justus von Liebig tuvo papel muy importante en la fundación de la Sociedad de Química; y es muy significativo que la Sociedad Alemana de Química fuese fundada en 1866, el año siguiente al del regreso a Alemania de A. W. von Hofmann (Presidente 1861–3) de la Gran Bretaña. Las sociedades de Química de otras naciones fueron fundadas en las fechas siguientes: Francia (1857), Rusia (1868), Estados Unidos (1876).

[2] La Sociedad fué constituída formalmente como « *The Chemical Society of London* » el 30 de marzo de 1841. Su título se cambió por el de « *The Chemical Society* » cuando recibió la Carta Real en 1848. Con todo, la celebración del cincuentenario de « *The Chemical Society of London* » tuvo lugar en 24 y 25 de febrero de 1891, bajo la presidencia del Dr. W. J. Russell.

vocales, aunque ocupado con los innumerables problemas que confrontaban a la Sociedad, comenzó de inmediato la continuación de las preparaciones para la celebración del centenario que anunció se celebraría en Londres en julio de 1947, y sería seguido por el XI Congreso Internacional de Química.

Se celebra, por lo tanto, el centenario de la Sociedad durante el segundo año de presidencia del Profesor C. N. Hinshelwood, Catedrático de Química física de la Universidad de Leeds y 56avo. Presidente de la Sociedad. Sir Robert Robinson fué nombrado presidente de la *Royal Society* en noviembre de 1945, siendo, con Sir William Crookes (Presidente de 1887–9) el segundo presidente de la Sociedad de Química que alcanzó a asumir el puesto de mayor importancia en la ciencia británica.

La Sociedad de Química se inauguró en el local de la Real Sociedad de las Artes, donde continuó celebrando, por espacio de ocho años, sus reuniones, hasta que, concedida la Carta Real, el Consejo de la Sociedad decidió que la posesión de un local propio estaría más en consonancia con su recién adquirida dignidad. Desde esa fecha hasta 1857, la Sociedad ocupó diversos locales, aunque no permaneció en ninguno de ellos tanto tiempo como en el de la Sociedad de las Artes, existiendo indicaciones de que la Sociedad de Química se hacía muy pronto indeseable a sus caseros, debido a que los miembros que presentaban alguna comunicación insistían en celebrar experimentos, muy a menudo acompañados de diversos olores en habitaciones no muy bien ventiladas. En 1857, la Sociedad, ayudada por la *Royal Society*, consiguió del Gobierno una Sala de Asambleas y una Biblioteca en Old Burlington House. El presente local en (New) Burlington House, construída por el Gobierno para acomodar a la *Royal Society*, *Royal Academy* y ciertas instituciones científicas oficialmente reconocidas, fué cedido a nuestra Sociedad en 1873–4.

Los miembros de la Sociedad sienten gran orgullo por su casa, donde se encierran tantos tesoros, bustos, medallas y cuadros que representan el progreso de la ciencia química y de sus cultivadores en diversas partes del mundo; pero, al mismo tiempo, comprenden desde hace ya mucho que es un local a todas luces inadecuado. La Biblioteca y su anexo, en el piso alto, han tenido que ser alterados para poder encerrar la colección de libros de química más importante del país. En 1873–4 consistía de unos tres mil volúmenes, que han aumentado hasta más de cincuenta mil, con la necesaria, si bien apretada, expansión del local. En todas las salas, a excepción de la de asambleas — que es posible sea también invadida — se han tenido que montar estantes para los libros, tan apretados, en algunos lugares, que moverse entre ellos se convierte en un problema científico. Cada centímetro cuadrado está ocupado literalmente para contener la creciente colección de libros y revistas. Dicho local pudo quizás haber sido suficiente para los 733 socios de 1874, pero hoy hay más de siete mil, y la Biblioteca se halla a disposición de los miembros de otras sociedades, según un acuerdo de intercambio.

En el piso primero se encuentra la sala de asambleas, capaz para 157 personas. Como se puede suponer, dicha sala es totalmente inadecuada para las conferencias que la Sociedad de Química y otras sociedades han celebrado durante los años últimos. Sin embargo, la sala tiene cierta dignidad. Tras la mesa de experimentos se halla la silla presidencial, con el escudo de la Sociedad. Cuelga de la pared, sobre la silla, el único retrato del primer presidente de la Sociedad, Thomas Graham.[1] Alrededor de la sala se ven los retratos de todos los presidentes pasados, pero por desgracia no hay lugar suficiente para presentarlos como sería debido.

Cuando se halla en sesión la Sociedad, la maza está colocada frente al presidente o su delegado. Dicha maza fué presentada a la Sociedad en 1930 por Mr. A. H. Hooker. Después de su elección, los miembros son recibidos formalmente en las asambleas científicas ordinarias, firmando el Libro de Obligaciones, que contiene las firmas de todos los miembros formalmente admitidos desde la fundación de la Sociedad. Las primeras firmas son las de Robert Warington y Thomas Graham.

A la entrada del salón de sesiones se halla el monumento en memoria del Teniente coronel E. F. Harrison y de otros vientinueve miembros que fallecieron durante la guerra de 1914–18. El coronel Harrison rindió gran servicio a la nación con su energía intensa y desinteresada y su inmenso éxito al equipar las tropas contra los gases asfixiantes. El bello monumento, descubierto en noviembre de 1922, fué diseñado por Mr. Ernest G. Gillick, y su costo sufragado por medio de una suscripción privada. La mayor parte de los fondos así aquiridos se dedicó al establecimiento de un Premio « Harrison » por valor de 150 libras

[1] Dicho retrato, basado en un daguerrotipo en posesión del Dr. Alexander Scott (Presidente 1915–17), fué pintado en 1931 por W. A. Budd, quien no tuvo dificultad en reproducir fielmente los rasgos de Graham.

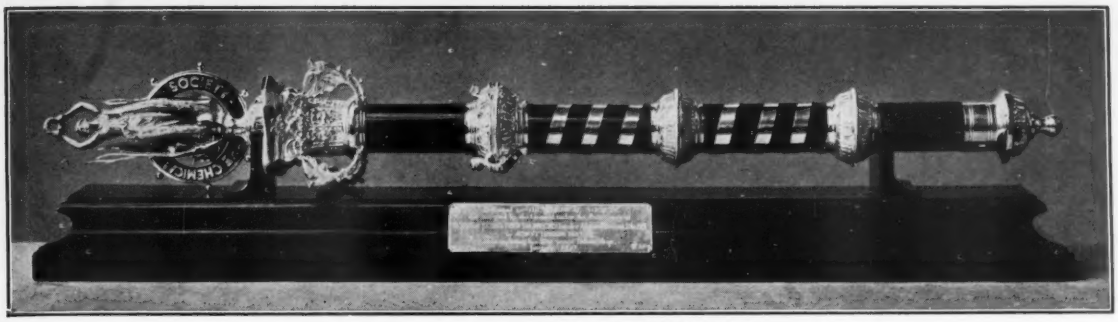


FIGURA 1 – *La maza de la Sociedad de Química.*

FIGURA 2 – *El Profesor W. H. Perkin, Presidente* 1913–15.

FIGURA 3 – *El Profesor C. N. Hinshelwood, Presidente* 1946– .

FIGURA 4 – *El Profesor Sir Robert Robinson, Presidente* 1939–41.

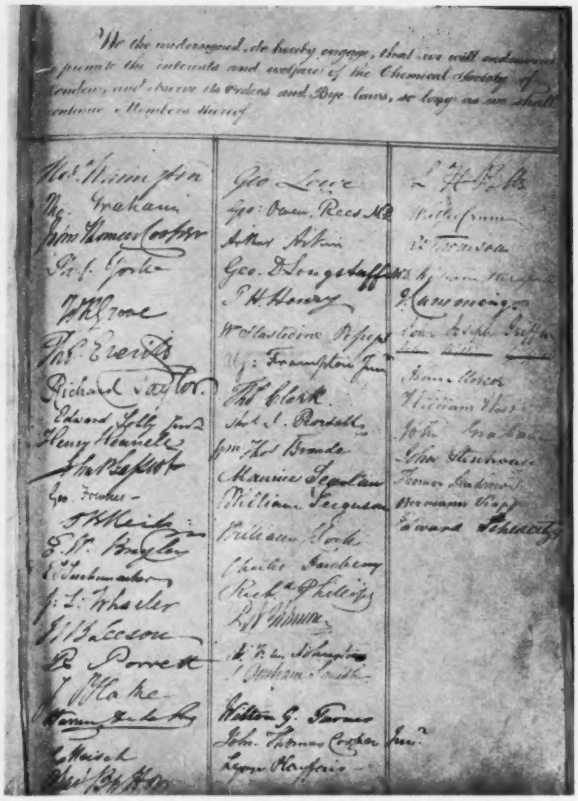


FIGURA 5 – *La primera página del Libro de Obligaciones, con las firmas inaugurales de Robert Warington y Thomas Graham.*

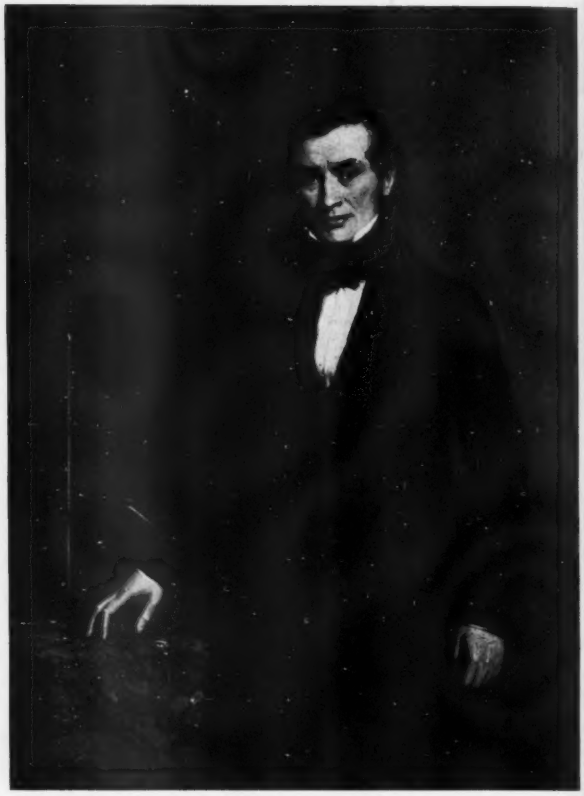


FIGURA 6 – *Thomas Graham, Presidente* 1841–3, 1845–7.
(Por cortesía del Museo de Ciencias.)

FIGURA 7 – *El salón de conferencias, con el retrato de Thomas Graham sobre la silla presidencial.*

esterlinas que se otorga cada tres años, según el fallo de un comité compuesto de los presidentes de la Sociedad de Química, Sociedad de Industria química, Sociedad de Farmacia y el Real Instituto de Química, al investigador químico, de ambos sexos, menor de treinta años que haya realizado la más meritoria contribución a la ciencia química durante los cinco años previos. El primero de estos premios fué otorgado en 1924 al Dr. C. R. Harington.

En el piso bajo se hallan las cámaras de los Vocales de la Sociedad y la sala de reuniones de su Consejo, que además de ser utilizados como parte de la biblioteca sirven también, como el salón de actos, como oficinas y locales para reuniones editoriales siempre que se hallan vacantes.

Una de las características de la actividad de la Sociedad desde su fundación ha sido la celebración de conferencias especiales. La Fundación Faraday, y más recientemente las Fundaciones Hugo Müller, Pedler, y Liversidge han servido para que algunos de los investigadores químicos británicos y extranjeros más distinguidos hayan acudido a la Sociedad a dar cuenta de los adelantos más importantes en la ciencia química durante los últimos ochenta años.

En 1920 las mujeres quedaron admitidas en la Sociedad en iguales condiciones a los hombres; cambio, encarnizadamente combatido por algunos, que fué seguido por el incremento de facilidades a todos los miembros no residentes en Londres. Se estableció la representación regional de miembros en el Consejo, celebrándose Juntas Generales anuales fuera de Londres en años alternos, y algunas de las conferencias especiales y de las fundaciones tienen lugar en los centros de las provincias. Representantes locales informan a la Sociedad de las actividades en cada distrito respectivo, cooperando con otras organizaciones relacionadas con la química para celebrar reuniones, discusiones y conferencias comunes.

Desde su fundación, la Sociedad se ha preocupado por la publicación no sólo de las contribuciones originales propias y de las conferencias en ella celebradas en su famosísimo *Transactions* o *Journal*, sino de resúmenes de estudios aparecidos en otras publicaciones. En un principio sólo se resumían los estudios impresos en publicaciones británicas, pero en 1871 se extendió dicho servicio, y desde 1873 los resúmenes se publicaron separados. En 1882 la Sociedad de Industria química comenzó la publicación de sus Resúmenes de estudios de Química aplicada. En 1923 se inició la Oficina de Resúmenes de publicaciones químicas como un comité mixto de la Sociedad de Química y la Sociedad de Industria química, el cual había de ocuparse de la publicación de *Abstracts A* (Química pura) y *Abstracts B* (Química aplicada), primer ensayo de cooperación entre las sociedades químicas, que ha resultado un completo éxito. El trabajo de preparación en la formación de dicha Oficina fué llevado a cabo por el Profesor J. C. Philip, su primer jefe. El jefe actual es el Dr. L. H. Lampitt, Presidente de la Sociedad de Industria química y vocal *ex officio* del Consejo de la Sociedad de Química. Es hoy día la Oficina de Resúmenes, está subvencionado por la Sociedad de Química, la Sociedad de Industria química, la Sociedad de Fisiología, la Sociedad de Bioquímica, la Sociedad de Anatomía, y la Sociedad de Biología experimental.

La Sociedad ha publicado los *Annual Reports on the Progress of Chemistry* (Boletín anual del progreso de la Química) desde 1904, de cuyo éxito bien puede sentirse orgullosa. La publicación de dichos boletines no se interrumpió a pesar de dos guerras mundiales.

Ha sido notable la cooperación entre diversas sociedades y organizaciones interesadas en el progreso de las diversas ramas de la Química, especialmente a partir de la guerra de 1914–18, y en dicho movimiento la Sociedad de Química ha ocupado siempre un lugar predominante. Aún antes de la formación de la Oficina mencionada, la Sociedad de Química abrió su valiosa biblioteca a los miembros de otras instituciones. La cooperación entre la Sociedad de Química, la Sociedad de Industria química y el Real Instituto de Química fué notablemente incrementada con el establecimiento, en 1935, del Consejo de Química, consistente de doce miembros que representan dichas sociedades, así como la Asociación de Fabricantes químicos de la Gran Bretaña, que ha ayudado económicamente y en otras formas a la Sociedad de Química. Es su presidente el Profesor E. K. Rideal, y su secretario Mr. F. P. Dunn, Tesorero de la Sociedad de Química desde 1938, a quien tanto debe dicha Sociedad.

Los participantes en el Consejo de Química retienen su propia individualidad. Se ha establecido un Comité de Biblioteca mixto al cual contribuyen ocho organizaciones. Bajo la presidencia de Mr. Dunn, ha realizado grandes economías y aumentado la eficiencia en la distribución y producción de las publicaciones de la Sociedad de Química y de la Sociedad de Industria química. Su sistema de agrupación común de los miembros

de las tres instituciones se halla ya en operación y ha resultado en un marcado aumento en el número de miembros de la Sociedad de Química.

Desde 1919 se han realizado grandes esfuerzos para establecer un « Hogar de la Química » en el que la Sociedad de Química ha de tener un lugar de honor. La realización de dicho proyecto es ahora uno de los fines del Consejo de Química, y si su éxito en este campo es comparable al que ha alcanzado en otros — y ya se han presentado algunas contribuciones muy generosas — la Sociedad de Química y su Biblioteca tendrán, dentro de un lapso razonable, los locales que durante tanto tiempo han necesitado y merecido.

Los miembros de la Sociedad de Química pueden, en verdad, sentirse orgullosos de los resultados obtenidos por la Sociedad en el avance de los conocimientos científicos durante cien años, y de la universal reputación de la Sociedad. El futuro presenta oportunidades aún mayores que las del pasado, y aunque bien conocen las numerosas dificultades que han de vencerse, la calidad de sus investigaciones servirá para incrementar aún más su reputación.

PRESIDENTES DE LA SOCIEDAD DE QUIMICA

	Años de Presidencia
T. Graham	1841–1843, 1845–1847
A. Aikin	1843–1845
W. T. Brande	1847–1849
R. Phillips	1849–1851
C. G. B. Daubeny	1851–1853
P. J. Yorke	1853–1855
W. A. Miller	1855–1857, 1865–1867
L. Playfair	1857–1859
B. C. Brodie	1859–1861
A. W. von Hofmann	1861–1863
A. W. Williamson	1863–1865, 1869–1871
W. de la Rue	1867–1869, 1879–1880
E. Frankland	1871–1873
W. Odling	1873–1875
F. A. Abel	1875–1877
J. H. Gladstone	1877–1879
H. E. Roscoe	1880–1882
J. H. Gilbert	1882–1883
W. H. Perkin	1883–1885
H. Müller	1885–1887
W. Crookes	1887–1889
W. J. Russell	1889–1891
A. C. Brown	1891–1893
H. E. Armstrong	1893–1895
A. G. V. Harcourt	1895–1897
J. Dewar	1897–1899
E. Thorpe	1899–1901
J. E. Reynold	1901–1903
W. A. Tilden	1903–1905
R. Meldola	1905–1907
W. Ramsay	1907–1909
H. B. Dixon	1909–1911
P. F. Frankland	1911–1913
W. H. Perkin (jun.)	1913–1915
A. Scott	1915–1917
W. J. Pope	1917–1919
J. J. Dobbie	1919–1921
J. Walker	1921–1923
W. P. Wynne	1923–1925
A. W. Crossley	1925–1926
H. B. Baker	1926–1928
J. F. Thorpe	1928–1930, 1930–1931
G. G. Henderson	1931–1933
G. T. Morgan	1933–1935
N. V. Sidgwick	1935–1937
F. G. Donnan	1937–1939
R. Robinson	1939–1941
J. C. Philip	1941–Aug. 1941
W. H. Mills	Aug. 1941–1944
W. N. Haworth	1944–1946
C. N. Hinshelwood	1946–

RESTRICCION EN EL CONSUMO DEL PAPEL

Debido a la limitación de energía eléctrica en las actividades industriales de la Gran Bretaña, las fábricas de papel han hallado imposible mantener su producción normal. Es forzoso, por lo tanto, reducir temporalmente el tamaño de ENDEAVOUR, cuyos dos próximos números constarán de un menor número de páginas.

Algunos aparatos físicos empleados en la medicina

DAVID S. EVANS

La Química ha encontrado siempre el camino abierto para sus múltiples aplicaciones en la Medicina. En la época actual la quimioterapia puede vanagloriarse de su contribución a descubrimientos de tanta transcendencia como los de la Penicilina, Sulfonamidas y Paludrina. En cambio la Física en sus aplicaciones en la Medicina se ha rezagado, excepción hecha de algunos casos. No obstante, los grandes progresos recientes no dejan lugar a duda que la fisioterapia está ya en los albores de una era tan brillante como la quimioterapia.

A pesar del enorme éxito de la Física y a pesar de la valiosa contribución aportada por los físicos a las ciencias médicas en el campo de los Rayos X y del radium, y en la fisiología del sistema nervioso, en términos generales puede decirse que la contribución de la Física a la Medicina ha sido mucho más limitada de lo que debía presumirse y hace falta todavía forjar muy valiosos eslabones de unión entre ambas ciencias.

A medida que el médico requiere para el diagnóstico una investigación más y más detallada de sus enfermos, es inevitable que los problemas físicos de la diagnosis ocupen un lugar preferente en sus pensamientos. Y del propio modo que la medicina se arma con instrumentos cada vez más complicados para la diagnosis y tratamiento, así mismo se enfrenta más frecuentemente con problemas físicos de cálculo cuya solución está por encima de la capacidad del médico especialista. La colaboración de las dos ciencias se ha fomentado enormemente durante la última guerra cuando los profesionales de la medicina tuvieron que hacer frente a enfermedades y bajas de un orden y magnitud completamente nuevos y para cuya solución se vieron precisados a solicitar el concurso del físico.

No será desventajoso dar principio a la discusión con una consideración acerca de las diferencias entre el físico y el médico en sus respectivos puntos de vista. Por un lado el físico está acostumbrado al estudio de situaciones que envuelven más bien pocas variables: sus condiciones experimentales permiten la reproducción de los hechos con regularidad y exactitud y la interpretación de los resultados es de una nitidez y ajustamiento matemáticos.

El médico comparte con sus colegas en las ciencias biológicas todas las dificultades, consecuencia del gran número de variaciones individuales: su finalidad primordial la constituyen la diagnosis y la curación, y entonces se encuentra frente a frente con una situación que abarca un enorme número de factores que resisten el cálculo y definición numéricos. Se inclina luego a confiar en una general valoración de un cuadro complejo en el que los rasgos característicos tienen cualidades indefinibles y casi imponderables que únicamente pueden ser juzgadas por la experiencia.

Esta diferencia de perspectiva condiciona los problemas médicos que pueden ser estudiados provechosamente por el físico. En primer lugar sus servicios pueden ser de suma utilidad en el establecimiento de la diagnosis, aportando medios con que obtener una exacta evaluación de los síntomas físicos y por ende delinear más firmemente uno de los aspectos de un caso clínico. En segundo lugar puede dedicar su atención a los métodos físicos del tratamiento clínico y gracias a la investigación física hacer dichos métodos más precisos y más fácilmente controlables. Debe mencionarse además una consecuencia de las relaciones entre ambas ciencias. Como resultado de sus tentativas en la diagnosis, el físico puede suministrar nuevos instrumentos para el médico: éstos deben ser no solamente seguros en su lectura, sino también fuertes en su construcción y fácilmente manejables. Hay que descartar el instrumento que es tan delicado que no puede sobrevivir los azares del uso continuo en los trabajos médicos o cuya dificultad en su manejo hace preferible para el profesional dedicar toda su atención directamente al paciente. Resulta mucho más práctico producir un aparato menos seguro pero susceptible de ser puesto en acción con una vuelta de interruptor y que pueda resistir, en campaña por ejemplo, la caída desde un camión [1].

Dos ejemplos del trabajo realizado por el autor del presente artículo en colaboración con el Dr. K.

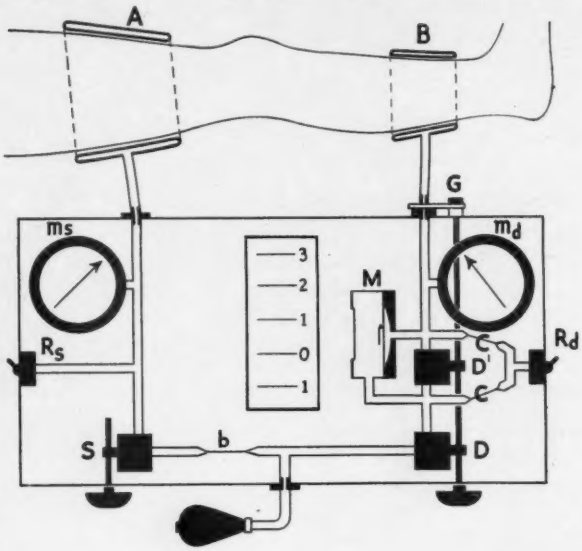


FIGURA 1 – *Circuito del indicador de la presión arterial.*

(*Reproducido de* British Journal of Anaesthesia.)

M = *Manómetro de membrana.*
m_s, m_d = *Manómetro aneroide.*
D' = *Llave auxiliar.*
D = *Llave de inflación, conectada con* D'.
C–C = *Capilar.*
R_d, R_s = *Válvulas de desagüe.*
S = *Llave del circuito sistólico.*
b = *Capilar.*
G = *Puerta de seguridad.*

Mendelssohn pueden ilustrar las posibilidades prácticas de estos principios. El primer problema consistió en idear un instrumento, preferentemente de indicación continua, para la medida de la presión arterial.

Los antecedentes médicos (fisiológicos) del problema son como sigue: Un descenso en la presión arterial es una de las primeras señales del principio de un ataque en el paciente en la sala de operaciones. En un accidente, una baja presión sanguínea es una indicación posible del estado de postración, aún cuando la dificultad está en que la presión normal de la sangre, aún en organismos sanos, presenta una variación amplia.

La presión en una arteria no es constante y varía cíclicamente con la acción cardíaca. El método conveniente empleado por los médicos para su especificación estriba en las presiones máxima y mínima obtenidas durante cada ciclo y conocidas con los nombres de presiones sistólica y diastólica respectivamente. A la diferencia entre las dos se le llama presión del pulso y es muy posible que esta cantidad constituya la mejor indicación del estado circulatorio del paciente.

El método común para determinar las presiones sistólica y diastólica consiste en sujetar un brazal de caucho alrededor del brazo, que pueda hincharse a una presión deseada cuya medida pueda ser leída en un manómetro aneroide o de mercurio. Se aplica un estetoscopio sobre la arteria braquial algo más abajo del codo y los sonidos percibidos a diferentes presiones del brazal forman la base para el cálculo de las presiones requeridas. Se supone que la presión en el brazal es transmitida hasta la arteria a través del tejido. Si la presión en el brazal es mayor que la sistólica, la arteria debajo del brazal se ocluirá, no circulando la sangre a través de la obstrucción y por consiguiente no se percibirá ningún sonido con el estetoscopio. Bajando la presión hasta un valor intermedio entre la sistólica y la diastólica, la arteria estará activa durante parte del ciclo cardíaco y se percibirán sonidos fuertes con el estetoscopio. La presión del brazal, cuando empiezan de nuevo a oirse los sonidos se la considera como presión sistólica.

Cuando la presión del brazal es menor que la diastólica, entonces a través del ciclo cardíaco la presión interna arterial excede a la externa y el chorro sanguíneo es continuo, y se perciben luego sonidos sordos. La presión del brazal en el momento en que los sonidos empiezan a ser sordos se toma como presión diastólica (figura 5). Las desventajas de este método son, primeramente que requiere una gran habilidad distinguir con exactitud los sonidos que varían considerablemente de un paciente a otro. En algunos casos, por ejemplo, no tiene lugar el ensordecimiento de los sonidos en la presión diastólica. En segundo lugar si estos trabajos se llevan a cabo en condiciones de guerra, puede haber suficiente ruído para ahogar todos los sonidos. En la sala de operaciones el anestesiador determina la presión sanguínea mediante

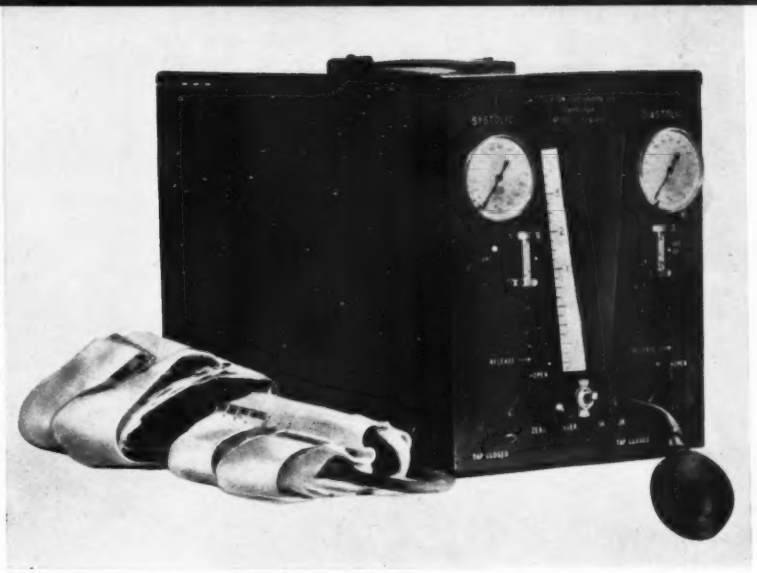


FIGURA 2 – *Indicador de la presión arterial. Las pulsaciones son puestas de manifiesto por el movimiento de un punto luminoso en la escala central.*

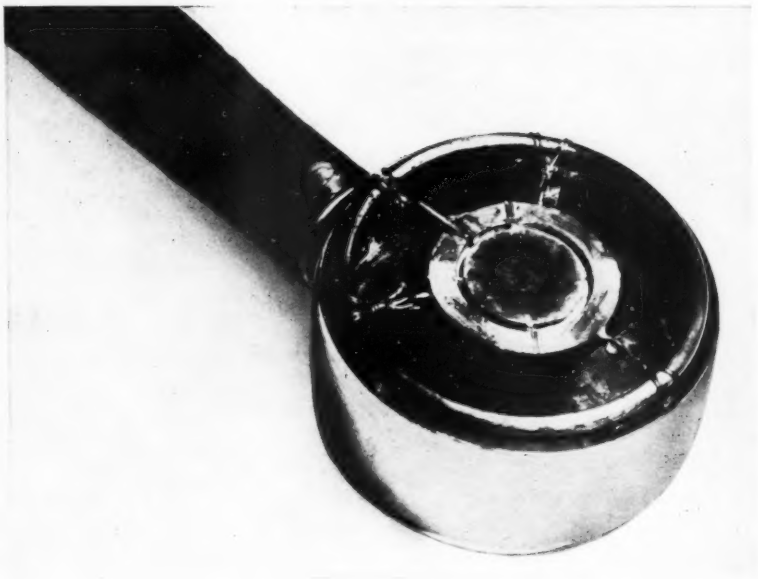


FIGURA 3 – *Contador del flujo de radiación. El disco superior receptor colocado sobre un bloque de cobre es visible. El disco inferior hace frente a una cámara con agua que constituye la base del aparato. Tubos con agua, y hilos eléctricos pasan por el mango.*

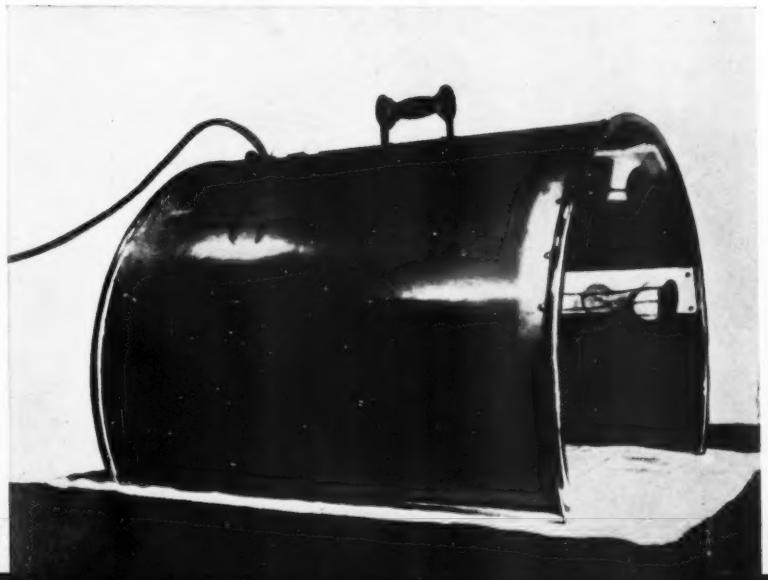


FIGURA 4 – *Radiador calorífico « anti-shock ». (Para finalidades experimentales la superficie interior del arco metálico ha sido ennegrecida.)*

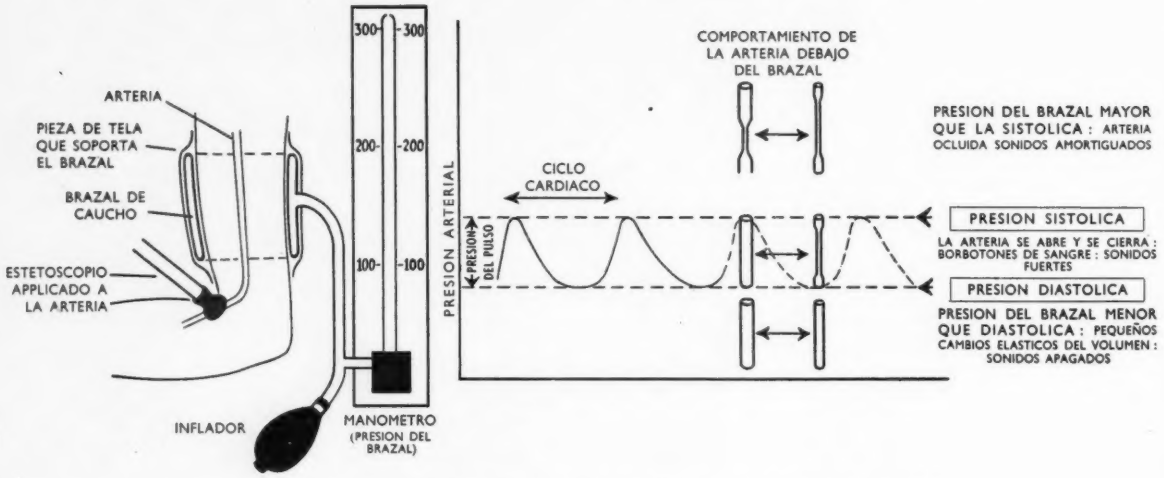


FIGURA 5 – *Representación diagramática de la determinación de la presión arterial.*

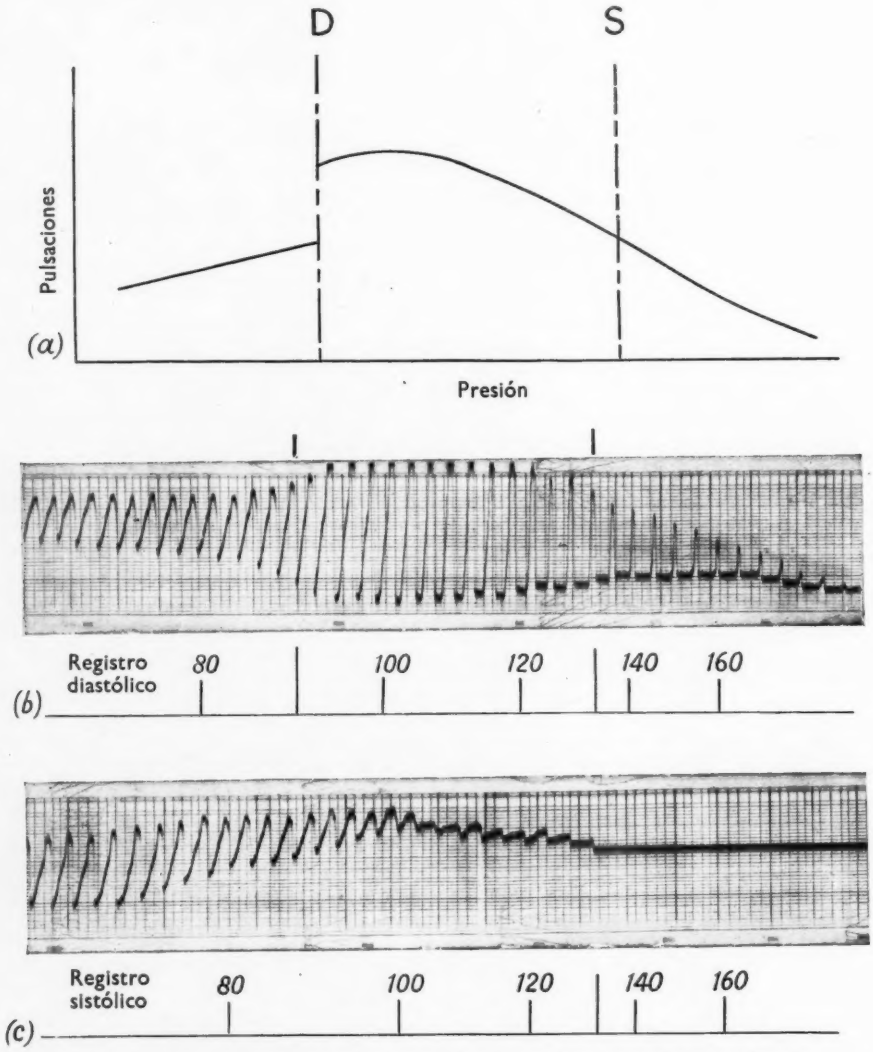


FIGURA 6 – *Curva teórica (a) y pulsaciones, (b) y (c), registradas en el circuito detector.*
(*Reproducido de* British Journal of Anaesthesia.)

un tambor, de ordinario inaccesible de todo punto bajo cubiertas esterilizadas. Tal vez las manipulaciones del cirujano sean un obstáculo para que el anestesiador consiga una ininterrumpida audición de los sonidos y aun pueden originar el desplazamiento del tambor, ya que éste nunca se puede sujetar con tanta seguridad alrededor del brazo como el brazal de caucho, con lo cual el anestesiador se verá desprovisto de medios para determinar la presión sanguínea. Sobre esto hay que añadir que el método auditivo es discontinuo y cada determinación requiere la atención completa y exclusiva del anestesiador. Al mismo tiempo, los momentos más precarios, cuando el anestesiador tiene más necesidad de una guía acerca del estado del paciente, son aquellos precisamente en que él se encuentra más ocupado en operaciones de rehabilitación tan importantes como la de transfusión de sangre. Finalmente, el método auditivo puede emplearse solamente en los brazos y aun cuando éstos se hallen fuera del área de la operación, se les necesita para la transfusión sanguínea, continuas anestesias intravenosas, etc.

Con objeto de reemplazar la indicación auditiva por otra visual fué preciso idear un cuerpo detector adecuado. En su forma definitiva éste se compone (figura 1, a la derecha) de un brazal ordinario *B* conectado a una membrana diferencial manométrica *M* provista de un diafragma muy sensitivo, cuyos movimientos se ponen de manifiesto mediante un rayo luminoso y una escala. El brazal va conectado directamente a una de las cámaras del manómetro; y las dos cámaras están conectadas mediante un tubo capilar *C*. Por efecto de esta disposición los cambios rápidos de presiones conducidos dentro de la primera cámara, producen movimientos de la membrana y son interceptados por el tubo capilar; cambios lentos de presión como los originados por los del flúido contenido en el miembro son transmitidos y la presión media en las dos cámaras permanece invariable. Esta disposición permite el uso de una membrana capaz de producir una desviación completa por la diferencia de presión de unos milímetros de agua, tal como acontece en el brazal por los cambios del volumen arterial. Este sistema tiene la ventaja de ser enteramente neumático.

La naturaleza de la actuación de este cuerpo detector de las pulsaciones arteriales a diferentes presiones del brazal es como sigue: Si la presión del brazal es mayor que la sistólica, se ha comprobado que las pequeñas pulsaciones son debidas al impacto de la onda pulsatoria en el extremo superior de la sección ocluída de la arteria. A una presión menor que la sistólica la arteria se hace patente durante una porción de cada ciclo cardíaco, y son visibles grandes pulsaciones que corresponden a los grandes cambios de volumen entre la oclusión y franquicia completas. A una presión menor que la presión diastólica las pulsaciones son pequeñas y corresponden a los pequeños cambios de volumen originados por la reacción elástica de la arteria a sus cambios de presión. Un examen más concienzudo pone de manifiesto que la transición a la presión diastólica es brusca y constituye un buen criterio en la determinación de la presión diastólica: a la presión sistólica no se da con un cambio bien definido que pueda ser utilizado como criterio (figura 6).

Para la determinación de la presión sistólica se utiliza un segundo brazal *A* emplazado muy cerca del primero. El primer brazal con su membrana manométrica actúa como cuerpo detector, y este circuito es hinchado moderadamente a presión más baja que la diastólica. Si luego el segundo brazal es hinchado más arriba de la presión sistólica, el cuerpo detector no pondrá en evidencia ninguna pulsación, pero se manifestarán súbitamente las pulsaciones cuando al disminuirse la presión del segundo brazal *A* alcanza la presión sistólica (figura 6, registro sistólico).

Un tercer uso del instrumento, y que parece ser una novedad, es la posibilidad de usar el primer brazal para la indicación de la presión del pulso (diferencia entre las presiones sistólica y diastólica) ya que el análisis teórico ha sugerido que el tamaño de las pulsaciones observadas cuando el primer brazal se hinchó a una presión constante menor que la diastólica, debe ser proporcional a la presión del pulso. Así, en los períodos precarios, le es posible al anestesiador poner en marcha el aparato para registrar las presiones del pulso y seguirlas visualmente, al mismo tiempo que atiende a sus trabajos de rehabilitación del paciente.

El aparato en su aspecto definitivo está presentado en la figura 2. El proyecto final envuelve un gran número de problemas mecánicos como la provisión de un tipo de llave a prueba de escape totalmente encerrada y con ajustes de seguridad para la protección de la membrana. La máquina ha resultado ser de fuerte estructura y capaz de adaptarse a usos distintos a los en un principio preconcebidos. Por ejemplo: puede usársela para medir la presión sanguínea en la pierna, lo cual es imposible de obtener por método auditivo. Es aplicable al descubrimiento de las anormalidades circulatorias y a la investigación de los cambios

rápidos fisiológicos en distintas fases experimentales. Otros progresos incluyen un modelo adaptado a la registración fotográfica y un modelo para el « Industrial Health Research Board » para el registro de la presión sanguínea en la arteria temporal, estando todos los miembros en actividad [2], [3], [4].

El segundo problema, derivado de la fisioterapia, se refiere a la aplicación de las radiaciones infrarrojas para finalidades médicas. Es un hecho curioso que, en agudo contraste con los Rayos X y los Rayos gamma, el campo de la aplicación médica de los rayos infrarrojos no ha sido aún investigado muy extensamente. Marcadas excepciones las proporcionan las investigaciones de trabajadores como Mayneord y sus colaboradores [5], y el Consejo de Investigaciones en Medicina ha creado recientemente un Comité encargado de remediar las deficiencias aún existentes. La razón de ser de este estado de cosas hay que buscarla probablemente en las diferencias en la acción fisiológica entre las radiaciones de onda corta y onda larga. En el caso de las ondas cortas los efectos más evidentes son debidos a los cambios específicos del quantum producidos en los tejidos: estos son proporcionales a la intensidad de la radiación y a menudo pasa algún tiempo antes que se hagan patentes, por lo que se hace indispensable un cuidadoso control de la dosis. Por otra parte la radiación infrarroja opera con una longitud de onda tan grande que los quanta son insuficientemente enérgicos para producir reacciones específicas y el único resultado obtenido es calor en los tejidos, reconocido casi inmediatamente por el paciente y que puede ser controlado por el médico. Existe, desde luego, una enorme diferencia en la escala de la energía utilizada en el tratamiento. En un tratamiento individual se puede administrar una radiación infrarroja de una energía total de unas 20.000 calorías y una dosis de esta magnitud exige un control muy cuidadoso ya que bordea el límite, pasado el cual, puede causar graves quemaduras y aún puede obstruir el proceso general de la eliminación del calor del organismo.

El problema específico que nos ha puesto sobre ese terreno tiene su origen en las quemaduras producidas por un aparato médico conocido con el nombre de radiador calorífico « anti-shock » (figura 4) y que consiste simplemente en una hoja metálica doblada en forma de arco de puente cuya superficie interior va provista de un cierto número de lámparas eléctricas. Se coloca este aparato sobre el cuerpo del paciente con las lámparas encendidas a fin de mantenerle caliente y retardando por lo tanto el comienzo de la postración.

El primer instrumento usado en las investigaciones consistió en varias formas de discos receptores en derivación de una pila termoeléctrica e inmediatamente se vió la necesidad de contar con el factor tiempo [6]. Evidentemente la intención primitiva del arco metálico fué utilizarlo como reflector de la radiación, pero han resultado ser muy distintas sus aplicaciones presentes. En la actualidad absorbe una proporción muy grande de la radiación y después de una hora o más adquiere una elevada temperatura y empieza a actuar como un radiador secundario, cuyo área es tan grande que contribuye con una cantidad doble de calor a la radiación recibida por el paciente. El peligro está en que aún cuando se emplee un dispositivo especial de medida al principio del tratamiento para fijar la dosis recibida por el paciente, esta precaución se anula por el constante aumento de radiación recibida. Un segundo punto a considerar es que esta radiación secundaria la producen ondas de longitudes tan grandes que sería absorbida por el cristal, de tal manera que si el tratamiento se lleva a cabo siguiendo las lecturas de una pila termoeléctrica corriente encerrada en una urna de cristal, el aumento de radiación pasará desapercibido.

Se hizo necesario, por consiguiente, idear un instrumento para la medida del flujo de radiación en cualquier longitud de onda y recomendar al propio tiempo que la base del tratamiento debe ser siempre la medida directa con dicho instrumento de la cantidad actual recibida sobre la piel del paciente durante el tratamiento [7]. Esta recomendación contrasta con la práctica para los Rayos X en la que el médico cuenta con el cálculo de dosaje [8]. Es ciertamente posible calcular el dosaje infrarrojo recibido en cualquier conjunto de circunstancias dadas, pero tales cálculos son demasiado complicados para que sean un método práctico para el médico.

El instrumento ideado [9], [10] consiste en un par de discos en cuyas caras posteriores van unas pilas termoeléctricas montadas sobre caras opuestas de un pequeño bloque de cobre (figura 3). Uno de los discos recibe el flujo de radiación que debe medirse, mientras que el otro está en oposición con una cámara de superficie exterior ennegrecida en cuyo interior corre agua a la temperatura ambiente. La construcción va encaminada a asegurar un instrumento de lectura directa, sensible a todas las variaciones que puedan aparecer en la radiación infrarroja, con una exactitud de

un 5% y, siendo posible, independiente de la temperatura del ambiente a que tenga que operarse. La valuación de los principales factores incluídos que atañen al traslado de energía mediante la radiación y conducción en condiciones fuera del equilibrio termodinámico resulta ser sorprendentemente engañosa. El instrumento definitivo que presenta una reacción directa al flujo de radiación parece que responde más a la mejor avenencia entre el gran número de exigencias físicas antagónicas y satisface las condiciones impuestas. Responde así mismo a las necesidades médicas de robustez, lectura fácil y bajo coste de construcción. Es posible, por consiguiente, en la actualidad perfeccionar un control cuantitativo satisfactorio del tratamiento infrarrojo que tienda a una mejor comprensión de los efectos de este género de terapéutica. Al presente la deficiencia más importante está en que aún no ha sido posible obtener medidas independientes de la radiación en diferentes líneas espectrales, pero ello no constituye un grave defecto ya que, según lo que se conoce hoy en día, excepción hecha de alguna diferencia en la profundidad de penetración en los tejidos, es pequeña la distinción en los efectos terapéuticos entre dos diferentes longitudes de onda infrarroja.

Otros tipos de problemas tratados en este plan general abarcan desde el desarrollo de los métodos para la medida de las presiones en pequeñas cavidades anatómicas [11], como la de oído medio; la fabricación y uso de aparatos para la medida de la temperatura subcutánea [12] y de la piel [7], [13]; la construcción de un instrumento para la medición exacta del volumen de un miembro, y a los análisis teóricos de los procesos comprendidos en la transmisión de la luz a través de los tejidos [14].

Como se ha dicho ya, esta relación tiene un alcance limitado, ya que se refiere principalmente al trabajo emprendido por quien esto escribe, pero constituirá una omisión lamentable dejar de mencionar algunos de los más importantes trabajos realizados por otros en este campo de actividad. Un excelente sumario de la labor llevada a cabo en la Gran Bretaña nos lo suministra el *British Medical Bulletin*, **3**, 6, 1945, que contiene una introducción general por el Profesor Mayneord de quien hicimos mención por sus trabajos sobre la radiación infrarroja; un artículo sobre los factores biofísicos en la acción de los medicamentos por el doctor H. Hurst; un estudio sobre la aplicación de la electrónica en la medicina por el doctor G. E. Donovan; y una discusión acerca de los factores físicos envueltos en los orígenes de las lesiones cerebrales por el doctor A. H. S. Holbourn. El vastísimo campo de aplicación de la ciencia electrónica en la medicina, el reciente aumento en el uso de substancias radioactivas artificiales en las investigaciones fisiológicas, y el empleo de Rayos X de alto voltaje y de neutrones en el tratamiento médico [15] constituyen entre otras las más sorprendentes aplicaciones de la Física en la Medicina. Estos hechos dieron origen al flujo de un número considerable de investigadores principalmente en los Estados Unidos, pero nuestra propia experiencia, corroborada, por ejemplo, por la fructuosa aplicación por el doctor Holbourn de las clásicas nociones de elasticidad e hidrodinámica al estudio de las lesiones cerebrales [16], [17], [18], nos permite afirmar que existe todavía un campo vastísimo en el que la Física de un orden menos espectacular puede contribuir con importantísimas aportaciones al progreso de la ciencia de la Medicina.

BIBLIOGRAFIA

[1] EVANS, DAVID S., y MENDELSSOHN, K. «Physics in Wartime Medicine», *Chemical Products*, Enero–Febrero 1942.

[2] *Idem.* «The Physics of Blood Pressure Measurement», *Proc. Phys. Soc.*, **54**, 211, 1942.

[3] *Idem.* «A New Instrument for Visual Determination of Blood Pressure», *Proc. Roy. Soc. Med.*, I, **36**, 465, 1943; MALLINSON, F. BARNETT. *Ibid.*, II, **36**, 465, 1943.

[4] EVANS, D. S., MENDELSSOHN, K., y MALLINSON, F. B., «A New Sphygmoscope», *Brit. Journ. Anaes.*, **39**, No. 3, 1945.

[5] MAYNEORD, W. V., y TULLEY, T. J. *Proc. Roy. Soc. Med.*, **36**, 411, 1943.

[6] BROWN, G. MALCOLM, EVANS, DAVID S., y MENDELSSOHN, K. «The Action of Radiant Heat Cradles», *Brit. Med. Journ.*, **I**, 66, 1943.

[7] EVANS, D. S., y MENDELSSOHN, K. «The Estimation of Heat Radiation in Chemical Practice», *Brit. Med. Journ.*, **II**, 811, 1944.

[8] MAYNEORD, W. V. *Proc. Phys. Soc.*, **54**, 405, 1942.

[9] EVANS, D. S., y MENDELSSOHN, K. «The Clinical Application of Heat», *Brit. Med. Bull.*, **3**, 143, 1945.

[10] *Idem.* «The Physical Basis of Radiant Heat Therapy», *Proc. Roy Soc. Med.*, **38**, 578, 1945.

[11] *Idem.* «Pressure Measurement in Small Anatomical Cavities», *Lancet*, 8 de Abril, 465, 1944.

[12] MENDELSSOHN, K., y ROSSITER, R. J. *Quart. Journ. Exp. Physiol.*, **32**, 301, 1944.

[13] BROWN, G. M., y MENDELSSOHN, K. *Brit. Med. Journ.*, **I**, 391, 1944.

[14] EVANS, DAVID S. «Problems of the Transmission of Light through Tissues and some other Media», *Phil. Mag.*, Ser. 7, **35**, 300, 1944.

[15] SPEAR, F. G. «Medical Uses of the Cyclotron», *Journ. Sci. Inst.*, **22**, 21, 1945.

[16] HOLBOURN, A. H. S. *Lancet*, **2**, 438, 1943.

[17] *Idem. Ibid.*, **1**, 483, 1944.

[18] *Idem. Journ. Neurosurg.*, **1**, 190, 1944.

La fotografía aérea

C. H. WADDINGTON

La cartografía es una ciencia esencial, tanto en la guerra como en la paz, aunque históricamente el principal impulso para trazar mapas ha sido de índole militar. El Departamento de Topografía (Ordnance Survey) fué originalmente una rama de la Artillería Real. La guerra de 1939 a 1945 estimuló un gran desenvolvimiento de la cartografía por medio de las fotografías aéreas. El Profesor Waddington examina las posibilidades y limitaciones de este método, y muestra la importancia de la fotografía aérea para los fines de la paz.

Sabido es que, durante la guerra, la fotografía aérea fué uno de los medios más útiles para averiguar lo que se estaba haciendo en los países enemigos. En los primeros tiempos de la guerra, cuando Inglaterra temía una invasión, era de un interés vital saber si los alemanes estaban concentrando barcas y lanchas de desembarco, y dónde lo hacían. Era una de las tareas de la Real Fuerza Aérea, con sus cámaras, mantener una constante vigilancia sobre los puertos continentales. Más tarde, hubo de proporcionar información para juzgar acerca del éxito de la ofensiva de bombarderos, y de la efectividad de los diversos tipos de ataque. Vimos en la prensa, frecuentemente, fotografías aéreas de las áreas devastadas en las ciudades alemanas. Pero éstas eran solamente las proezas de la fotografía aérea más espectaculares y más ampliamente publicadas. En un sentido general, podríamos decir que esta técnica ha venido a ser el equivalente moderno de la topografía cartográfica. Los generales han pedido siempre la más completa información posible acerca del país en el que tenían que luchar, y esta necesidad ha sido uno de los argumentos que más decisivamente han incitado a los países a emprender la ardua tarea de preparar mapas exactos.

Hace un siglo, las exigencias militares de información acerca de un presunto campo de batalla quedaban satisfechas con un mapa topográfico, trazado sobre el terreno, que recogía simplemente la forma física de la tierra sólida y sus aspectos más salientes, como carreteras y ciudades. Actualmente, sin embargo, la fotografía aérea nos proporciona, no sólo un mapa exacto de esos mismos aspectos, sino también un reflejo detallado de la naturaleza de la superficie del terreno. Esto puede ser, muchas veces, de una capital importancia militar. Un comandante necesitará saber, no solamente si hay un campo abierto entre dos carreteras, representado en el mapa por un espacio en blanco, sino otras muchas cosas más; por ejemplo: ¿es el terreno duro, a propósito para tanques, o pantanoso, o cubierto de matas? Todo esto puede verse en las fotografías aéreas, de las que un examen experto puede extraer una extraordinaria riqueza de detalles informativos. Todo esto es, sin duda, de igual importancia para los propósitos de paz que para los fines de guerra. Los mapas cartográficos normales, preparados originalmente por los militares, están reconocidos como instrumentos esenciales para toda clase de empresas civiles; no sólo para las batallas legales acerca de las fronteras, sino también para todas las obras importantes de ingeniería y construcción. Las fotografías aéreas, a causa de su más detallada información, vendrán a ser la nueva forma de mapa esencial para obras de desenvolvimiento agrícola, silvicultura, precauciones contra la erosión, etc. La organización militar establecida para interpretar las fotografías aéreas, durante la última guerra, será probablemente absorbida, de un modo paulatino, en una u otra forma, por las empresas de tipo civil; lo mismo que ocurrió con la antigua « Ordnance Survey ».

Esto no quiere decir que la topografía trazada sobre el terreno haya perdido todo su valor. Seguirá siendo probablemente, durante cierto tiempo, un método mejor, para obtener una exactitud rigurosa, que la topografía hecha desde el aire. Si se trata solamente de producir un mapa fisiográfico de forma corriente, las ventajas de la fotografía aérea no estriban en una mayor exactitud, sino en una mayor rapidez. Es, desde luego, muy fácil, por ejemplo, utilizar la fotografía aérea para hacer frecuentes revisiones de un mapa preexistente, a fin de mantenerlo al día. Las ventajas son mayores aún en los países atrasados donde se hacen difíciles los viajes. La fotografía aérea puede utilizarse para llenar los espacios comprendidos en una red de puntos, cuya posición ha sido fijada por triangulación sobre el terreno; y es probable que, en breve, sea posible prescindir de todo

526
50
480
470
460

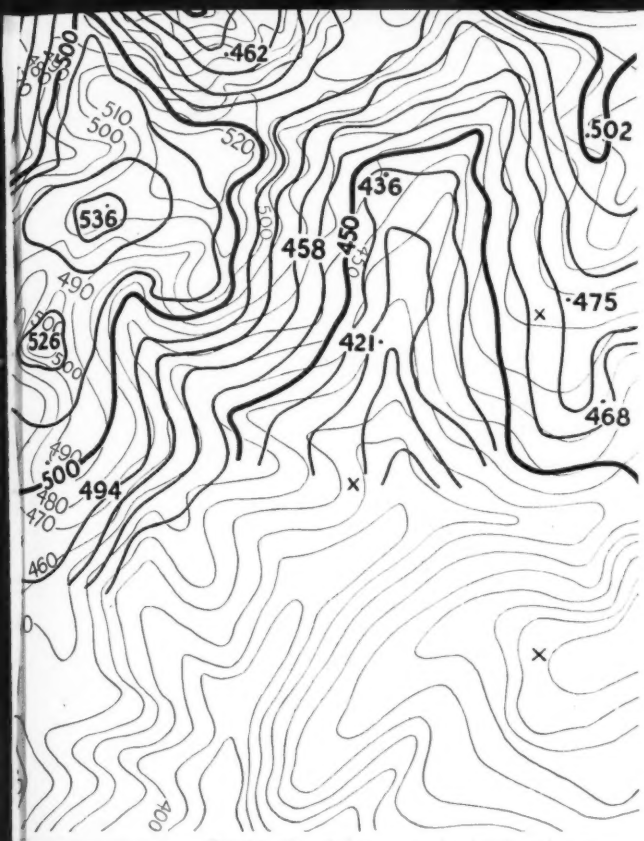


FIGURA 1 – *Comparación de las curvas de nivel basadas en el uso del radar (líneas gruesas) para fijar la posición en el espacio del avión fotógrafo, con las registradas por la topografía exacta de tierra. (Curvas de nivel a intervalos de 30 m.) El material fué producido por uno de los primeros vuelos experimentales, hallándose el centro de radar más próximo a unos 137 km. de distancia.*

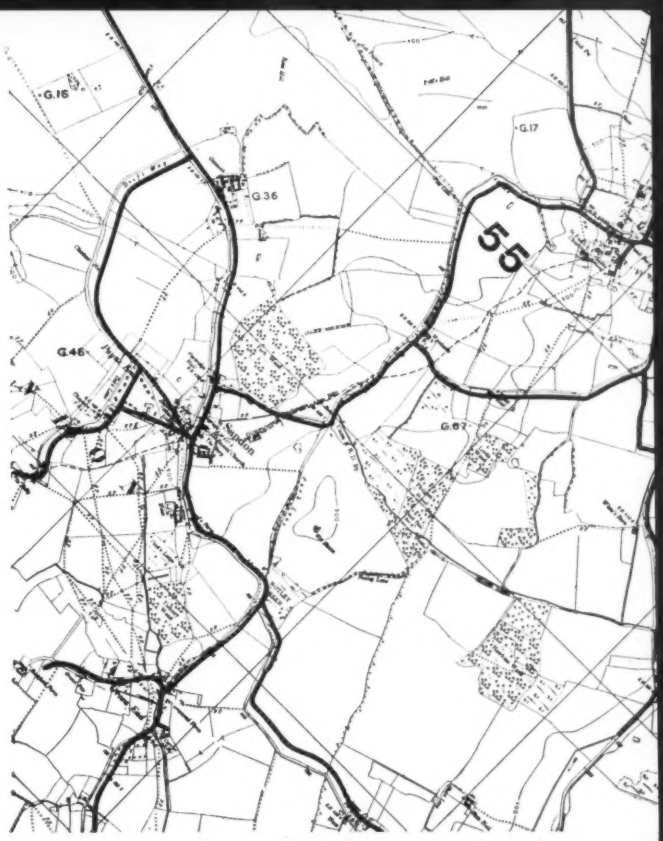


FIGURA 2 – *Comparación de las carreteras observadas en el mismo vuelo experimental controlado por el radar, con las carreteras registradas por la topografía de tierra (las carreteras delineadas por medio del radar están trazadas en negro).*

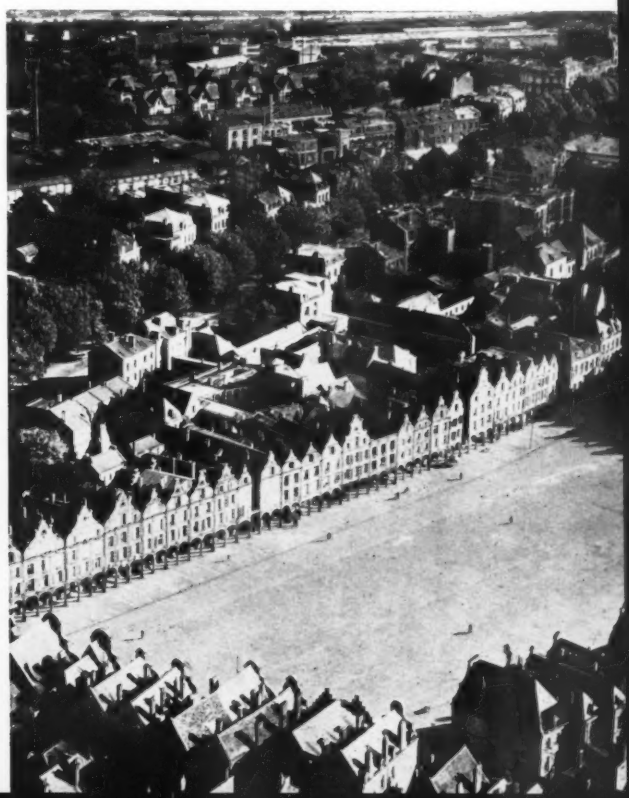
FIGURA 3 (*abajo*) – *Venecia: la Plaza de San Marcos.*

FIGURA 4*a* – *El puerto de Boulogne en marea baja, con los canales del dragado claramente visibles.*

FIGURA 4*b* – *El puerto de Boulogne, durante las mareas más altas, mostrando un remolino formado en la boca del puerto por el agua cargada de cieno.*

FIGURA 5 – *Tres fotografías de una caleta de arena, en Cornwall, tomados al través de filtros (a) verde, (b) rojo y (c) infrarrojo. Nótese la gradación de matices del mar en la fotografía de filtro rojo, comparada con la de filtro verde. Nótese también la posición de la línea del agua, revelada en la fotografía de filtro infrarrojo.*

FIGURA 6 – *Una fotografía oblicua, que nos muestra las casas de aquilón holandesas, del siglo XVIII, en la Gran Plaza de Arras.*



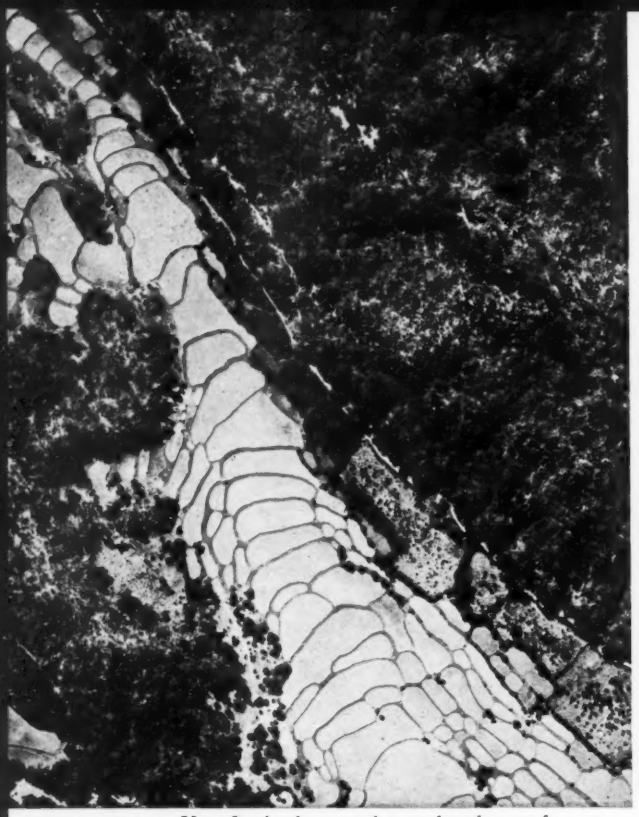


FIGURA 7 – *Una franja de arrozales escalonados, en la ladera de un pequeño valle.*

FIGURA 8 – *Un pueblo con un monte bajo a un lado; y al otro, campos de cacahuetes y otras cosechas semejantes.*

FIGURA 9 – *La mayor parte de los campos más grandes contienen cultivos de arbustos, como el tabaco; pero hay también algunos pequeños arrozales en las partes bajas.*

FIGURA 10 – *Una plantación de cocos, con un bosque de hoja caediza detrás. En la playa, un arrecife de coral.*

FIGURA 11 – *En este accidentado país, pueden distinguirse fácilmente dos tipos de selva.*

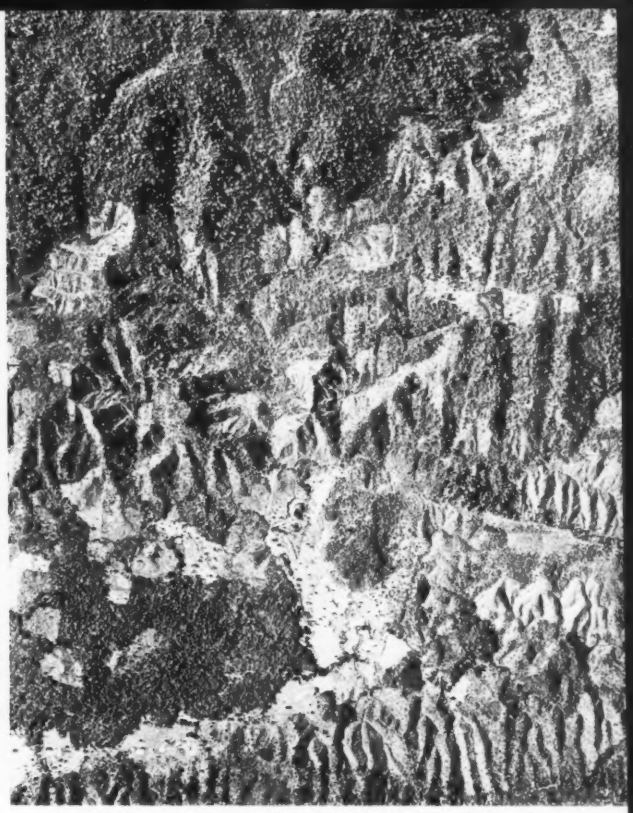


FIGURA 12 – *Las colinas de lo alto de la fotografía están cubiertas de selvas intactas; en la mayor parte, las laderas han sido taladas, utilizándose la tierra para unas pocas cosechas, y dejándola luego convertirse otra vez en bosque.*

FIGURA 13 – *Una llanura cultivada, que comienza a sufrir los estragos de la erosión a lo largo de los valles.*

FIGURA 14 – *Casas instaladas entre cocoteros, fotografiadas con una cámara vertical, cuya película se mueve.*

FIGURA 15 – *Den Helder, ciudad holandesa, que está casi cercada por sus antiguas fortificaciones.*

control terrestre en zonas muy amplias. Se están haciendo actualmente experimentos sobre la manera de usar, con propósitos topográficos, algunos de los instrumentos del radar, desarrollados para ayudar a un bombardero a dirigirse hacia su objetivo durante la noche. Por medio de estos instrumentos, se puede determinar la posición de un aeroplano en relación con dos o más centros de tierra, que transmiten las señales, en el instante de tomarse la fotografía. Se pueden trazar de este modo mapas muy precisos, sobre distancias — por el momento — de unos trescientos kilómetros. Un ejemplo, tomado de uno de los primeros vuelos experimentales, aparece ilustrado en las figuras 1 y 2. Esta técnica se está desarrollando rápidamente; y es probable que sea pronto capaz de desempeñar un importante papel en la topografía de muchas regiones del mundo, relativamente retrasadas.

Una rama especializada del trabajo topográfico, en la que la baratura y la rapidez de la fotografía aérea ofrecen ventajas insuperables, es la que se refiere a la investigación de la topografía submarina, cerca de la costa. Aprovechando las condiciones favorables de viento, altitud del sol y otros factores, es posible obtener fotografías aéreas, que recogen detalles del fondo del mar, hasta de 6 a 9 metros de profundidad; lo que basta para los principales propósitos prácticos de la navegación costera. La figura 4 nos muestra cómo se puede obtener un cuadro de conjunto de la eficacia del dragado de un puerto y de las corrientes que acarrean el cieno. Estas fotografías fueron tomadas en vuelo de reconocimiento ordinario. Puede lograrse una información más exacta mediante técnicas especiales. Tal vez la más útil de estas últimas sea la fotografía simultánea, a través de filtros rojos y verdes. A través del filtro verde, el fondo puede verse a mayor profundidad que a través del rojo: en una fotografía de filtro verde, la gradación de matices entre la costa y el negro del mar profundo será, por tanto, más visible que en una fotografía de filtro rojo (figura 5). La comparación de un experto entre las dos fotografías puede determinar las profundidades con extremada exactitud, dependiendo el alcance máximo de la naturaleza del fondo, la suciedad del agua y otros factores. Este tipo de comparación sólo puede ser efectuado con seguridad por los expertos; pero sus resultados son muy superiores a los obtenidos directamente por el trabajoso método de los sondeos (figura 16).

Cuando se considera la fotografía aérea como suplemento de un mapa, con informaciones que no suelen ser recogidas por los cartógrafos, es cuando nos ofrece sus mayores ventajas. Para proyectar el desarrollo de una ciudad, por ejemplo, una colección de fotografías aéreas no sólo nos dará un cuadro exacto de las más recientes innovaciones de la ciudad y la posibilidad de precisar la altura de sus edificios, a la vez que su posición en el plano, sino que además nos mostrará el carácter de la ciudad, de una manera vívida y realista, totalmente imposible en un mapa. El planificador de una ciudad puede tomar sus fotografías en la escala más adecuada a su interés particular (figuras 3, 6 y 15). Puede querer estudiar una región entera y la relación entre la ciudad, la tierra de labranza, los bosques, los parques, las colinas, etc., o puede interesarse en otros asuntos más de detalle. En todo caso, la fotografía aérea le presentará el material en una forma que no omite, como el mapa normal, el aspecto estético, que tanta importancia tiene.

Otra aplicación importantísima de la fotografía aérea en tiempo de paz es la referente a la preparación de mapas de tierra utilizable. Todos podemos distinguir fácilmente las principales clases de tierra: de labranza, de pasto, de bosques, de parques, etc. La fotografía aérea permite usar mapas de tierra utilizable, que no resulten atrasados en el momento de terminarse la topografía, cosa casi imposible con mapas trazados sobre el terreno, a menos que se utilice una cantidad de personal económicamente prohibitiva. Mediante las fotografías aéreas, podemos obtener muchos más detalles de los que son dignos de recogerse en los mapas de tierra, que sólo pueden ser revisados en largos intervalos. Muchas de las más importantes cosechas pueden ser distinguidas en fotografías de pequeña escala.

Esto puede ser de especial importancia en las regiones relativamente retrasadas, donde las estadísticas agrícolas son todavía más incompletas que en los países más adelantados. Las figuras 7–11 nos muestran algunos ejemplos típicos de varias cosechas agrícolas cultivadas en Birmania. De tales fotografías podemos obtener cálculos bastante exactos sobre la cantidad de hectáreas destinadas a diferentes propósitos. Con este método se puede también vigilar los cultivos fluctuantes que algunos pueblos semi-nómadas siembran en las selvas (figura 12), y descubrir cuándo la quema de árboles va demasiado lejos, o cuándo la erosión se hace peligrosa (figura 13). Puede obtenerse también una valiosa indicación de los recursos del bosque; cabe definir los principales tipos ecológicos del bosque y, si fuese necesario, sus

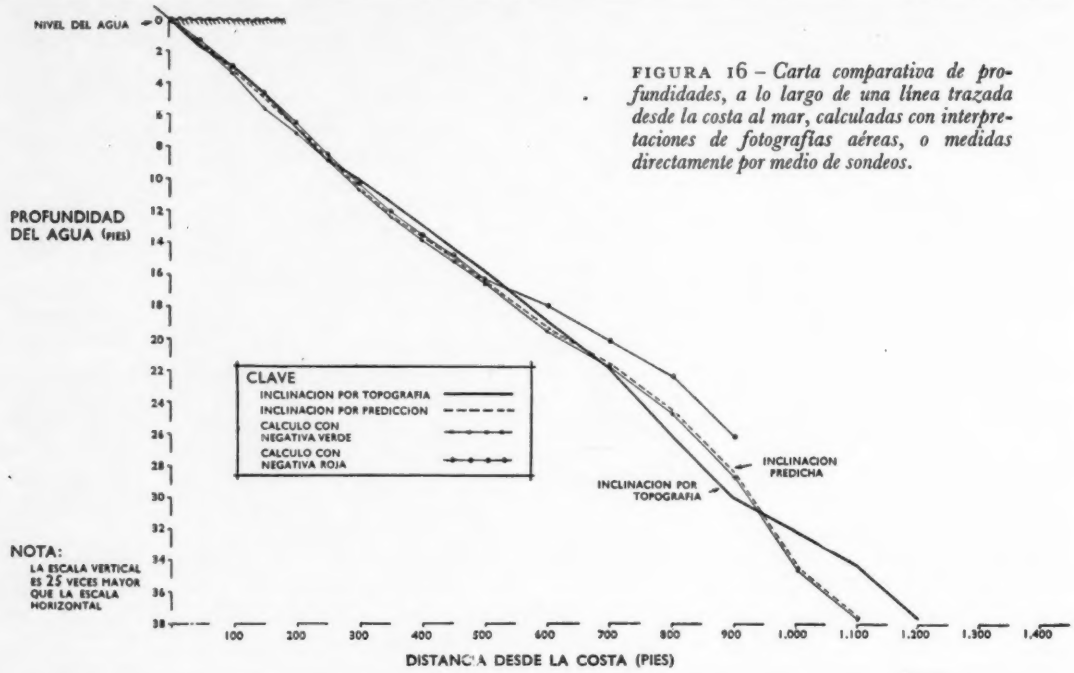


FIGURA 16 – *Carta comparativa de profundidades, a lo largo de una línea trazada desde la costa al mar, calculadas con interpretaciones de fotografías aéreas, o medidas directamente por medio de sondeos.*

provisiones de árboles particulares, como la teca o el caucho silvestre.

Existe otro progreso técnico del tiempo de guerra, que tiene ciertas aplicaciones a la topografía de la vegetación y otros objetos similares. Nos referimos a la cámara de película movible, en la cual puede moverse la película durante la exposición, para compensar el movimiento de la imagen producido por la velocidad del avión en vuelo. Esta compensación es de importancia solamente cuando un avión de gran velocidad vuela a poca altura. Con este sistema pueden tomarse fotografías de enfoque vertical en tan amplias escalas, que eliminen la necesidad de comprobar sobre el terreno la exactitud de las interpretaciones dadas a las fotografías de pequeña escala (figura 14). Esto tiene grandes ventajas en los terrenos inaccesibles. Si deseamos, por ejemplo, conocer con certidumbre las diversas clases de árboles existentes en una región como la mostrada en la figura 11, sería demasiado dificultoso tener que enviar allá una expedición para comprobar la interpretación de las fotografías de pequeña escala; pero esta tarea puede ser realizada rápidamente con una fotografía vertical, de bajo nivel, de la clase indicada.

Sólo hemos tenido espacio para mencionar algunas aplicaciones de la fotografía aérea a los fines del tiempo de paz. Los ejemplos elegidos como ilustración son los que pueden tener aplicación más general en casi todos los rincones de la Tierra. Otras muchas aplicaciones son de carácter más local. Por ejemplo, en algunos países, las fotografías aéreas muestran claramente los límites de las diferentes zonas del suelo. En algunas partes del mundo, especialmente en las regiones sin cultivar, puede obtenerse una amplia información geológica mediante estas fotografías, pudiéndose llevar a efecto topografías geológicas de líneas generales, con un mínimum de trabajo sobre el terreno. La topografía aérea ha sido muy valiosa también para resolver otros muchos problemas locales, como la instalación de depósitos, cables eléctricos, carreteras, etc. También se ha empleado mucho este método para los trabajos arqueológicos, facilitando el descubrimiento de la posición y tamaño de las antiguas fortalezas, túmulos y otras reliquias históricas.

La espectroscopía de las llamas

R. F. BARROW

Los espectros de las llamas son muy complejos y es tan sólo desde el desarrollo de la teoría de los quanta que se ha realizado un notable progreso en el estudio de los mismos. La necesidad de una distinción entre fenómenos térmicos y químicoluminiscentes crea nuevas dificultades. El Dr. Barrow sumariza aquí los más recientes trabajos y hace notar la importancia que la químicoluminiscencia puede tener para los futuros sistemas de iluminación.

En los trabajos de Bunsen y Kirchhoff publicados en 1859 se reconoció, por vez primera, el valioso papel que la espectroscopía desempeña en la investigación de la naturaleza de las llamas. Su observación fundamental, o sea que los elementos se caracterizan por rayas espectrales de longitud de onda definida, estimuló el estudio empírico del espectro, siendo sus resultados más notables el descubrimiento de nuevos elementos y la identificación, establecida por Crookes, de la raya de Lockyer en el espectro solar con la obtenida del helio terrestre. Las rayas espectrales fueron atribuídas a la emisión de luz por los átomos, y las bandas del espectro a la emisión por partículas más complejas, pero en este último caso la prueba experimental era por sí misma insuficiente para identificar de manera inconfundible las fuentes emisoras. La interpretación de las bandas del espectro tuvo que aguardar a la Teoría de los quanta, cuya aplicación al análisis espectral de las moléculas simples, especialmente de las biatómicas, fué al fin establecida en el período 1925-35.

El estudio del espectro de las llamas siguió la evolución general, y, en su comienzo, los trabajos se dirigieron a la identificación de las especies atómicas y moleculares. Los resultados fueron algo sorprendentes. Se evidenció que las llamas consisten en una mezcla de gases en reacción, a veces con humos sólidos dispersos, frecuentemente a alta temperatura. Su conductividad eléctrica demostró que contenían especies químicas poco corrientes. No causó sorpresa el hecho de que ciertos espectros atómicos, por ejemplo los de los metales alcalinos y alcalino-térreos, fueran observados con frecuencia. Los vapores de estos elementos son monoatómicos principalmente, y se halló que las concentraciones atómicas necesarias para la emisión de la luz eran pequeñísimas. Lo notable en un principio fué la naturaleza de las especies moleculares identificadas — radicales inestables desconocidos en la química bajo condiciones ordinarias — tales como C_2, CH, y OH. Sin embargo el análisis de la estructura de su espectro no dejó lugar a dudas respecto a la exactitud en su identificación, en tanto que, al mismo tiempo, su existencia bajo tales condiciones pasó a ser más comprensible cuando los investigadores en el campo de la cinética química se vieron precisados a postular su participación en las reacciones concatenadas foto-químicas y térmicas.

Aparte de los espectros de rayas y de bandas que pueden caracterizarse por la medida de la longitud de onda, aunque en el último caso no siempre inmediatamente identificables, muchas llamas emiten espectros continuos cuya elucidación requiere una investigación experimental más detallada. Estos espectros pueden provenir ya de incandescentes partículas sólidas presentes en la llama, o ya de procesos atómicos y moleculares varios, alguno de los cuales consideraremos más adelante.

El primer problema en el estudio de los espectros de llamas es la identificación de las especies emisoras. Esto presenta con frecuencia dificultades experimentales, tanto mayores cuanto más grandes sean el peso y complejidad del cuerpo emisor. Incluso en los espectros diatómicos, los únicos métodos seguros se basan ya en análisis rotacional, el cual proporciona información respecto a los números del quantum molecular y las distancias inter-atómicas, o ya por comparación con el espectro de absorción obtenido bajo condiciones químicas claramente definidas. Ambos métodos tienen sus propias limitaciones. El análisis rotacional requiere el uso de grandes espectrógrafos de elevado poder de resolución, pero la cantidad de luz disponible en las llamas es a menudo muy pequeña, con lo que la duración de la exposición puede caer fuera de los límites prácticos; además, en presencia de la radiación continua que frecuentemente acompaña al espectro discontinuo, resulta difícil lograr el contraste necesario de las rayas sobre la placa fotográfica. El método de comparación con

el espectro de absorción está limitado naturalmente, a aquellos sistemas que comprenden el estado electrónico fundamental del radical en cuestión (el cual está frecuentemente en dicho estado) y a aquellas especies que no poseen una gran inestabilidad química. A pesar de estas dificultades ha sido posible identificar con certidumbre una gran proporción de los radicales diatómicos cuyos espectros aparecen en las llamas, así como también el proceso recíproco de utilizar las llamas como fuentes útiles para el examen espectroscópico de moléculas que no parecen emitir luz con facilidad bajo otras condiciones experimentales.

Las dificultades de identificación aumentan considerablemente tan pronto como empezamos a examinar el espectro de las llamas de radicales o moléculas que contienen más de dos átomos. En lugar de las respuestas precisas que la espectroscopía permite dar para los cuerpos emisores mono y diatómicos, nos encontramos con que la identificación de substancias causa de los sistemas de bandas electrónicas de moléculas poliatómicas es algunas veces incierta. Para ello es necesario generalmente tomar en consideración pruebas más ambiguas como, por ejemplo, la concentración probable de intermedios transitorios. Tres de tales sistemas, al menos: la banda de monóxido de carbono y la de los hidrocarburos y la banda α del amoníaco, tienen cierta importancia en relación con las teorías de la combustión y es lástima que en ningún caso se pueda demostrar de manera inmediata la identidad del cuerpo emisor.

El espectro de la llama del monóxido de carbono quemado en el aire u oxígeno consiste en un sistema débil de bandas superpuestas sobre un fondo continuo brillante que se extiende a través de las regiones visibles y cerca del ultravioleta con su máximo hacia los 3.500–4.500 Å. Se ha concluído que el emisor es probablemente anhidrido carbónico [1], [2].

Las bandas de las llamas de etileno o hidrocarburos, que se encuentran en las regiones de 2.500–4.500 Å, están asociadas con las llamas de la combustión de los hidrocarburos; aparecen, por ejemplo, en el cono interior de la llama ordinaria del mechero de Bunsen y fueron descritas en detalle por vez primera por Vaidya [3]. Gaydon ha estudiado recientemente este espectro [4], y ha demostrado que su producción es paralela a la formación de peróxidos en el seno de la llama. Al igual que Vaidya, Gaydon atribuye provisionalmente las bandas a HCO, pero hace notar que no cabe excluir la posibilidad de la existencia de otros emisores.

La banda α del amoníaco, un complejo espectro « multilinear », aparece en la llama oxi-amoniacal y es causa de su coloración amarillo verdosa. Rimmer [5] la atribuye a NH_2.

El estudio de los espectros continuos ha sido relegado a veces por los físicos espectroscopistas, quizá justificadamente, en vista de la abundancia de espectros discontinuos que pueden ser analizados y fotografiados, y como resultado nos encontramos con que es relativamente insignificante la información cuantitativa que hay disponible acerca de los espectros continuos. Y, precisamente, tal información es la que hace falta, pués el único medio para caracterizar dichos espectros es la utilización de datos que proporcionen la intensidad del continuo como función de la longitud de onda, o sea de la energía. Antes de considerar ningún ejemplo concreto conviene disertemos brevemente sobre alguna de las diferentes maneras por las cuales la luz se produce en las llamas.

El fin principal de la espectroscopía quántica es relacionar la intensidad con la probabilidad de un acontecimiento particular inducidor de la emisión de luz de una determinada longitud de onda y el número o números de partículas involucradas en tal proceso. La fórmula general para este problema fué establecida por Einstein. Considerando la transición desde un estado de excitación 1 hasta el estado fundamental 0, se tiene que la energía total $\overline{S}_{1,0}$, emitida por unidad de tiempo vale:

$$\overline{S}_{1,0} = N_1 . h\nu_{1,0} . A_{1,0}$$

en donde $\nu_{1,0}$ es la frecuencia de la luz emitida,

N_1 es el número de átomos o moléculas por unidad de volumen en el estado 1, y

$A_{1,0}$ es la « probabilidad de transición », la cual se expresa frecuentemente como la recíproca del tiempo de vida en el estado excitado, τ_1.

Los procesos productores de luz pueden ser divididos en dos grupos generales (*a*) excitación térmica y (*b*) químicoluminiscencia, y en dicho orden los vamos a considerar. Parece probable que el proceso de la emisión luminosa, en muchas llamas es debido simplemente a la colisión de los radicales o partículas sólidas con moléculas con carga o sin ella, o bien con átomos que poseen elevada energía térmica. Simplemente, si asumimos que el equilibrio de temperatura está establecido para las diferentes formas de absorción de energía, podemos aplicar la ley de distribución de Boltzmann para obtener el número de partículas en el estado superior N_1, y hallamos que debería haber una

dependencia exponencial entre $\bar{S}_\lambda$ (valor de $\bar{S}$ para cierta longitud de onda λ) y la temperatura absoluta T según la expresión $\bar{S}_\lambda = C.e^{-h\nu/kT}$, donde C es una constante. El interés de esta expresión es que, a pesar de la dificultad que hay para medir los valores absolutos de la intensidad — de hecho algunas medidas veraces han sido llevadas a cabo, si bien tan sólo para muy pocos átomos y para una o dos moléculas diatómicas tales como OH y CN — podemos lograr valores relativos de la intensidad sin grandes dificultades, y tales datos proporcionan la base de los métodos espectroscópicos para la determinación de la temperatura.

Para ello puede emplearse la distribución de las moléculas entre estados de vibración o mejor de rotación. Alternativamente y mucho más oportuno, puede adoptarse el método de inversión de rayas. Su principio es como sigue. La inversión de rayas del espectro, por ejemplo las rayas *D* del sodio excitadas por adición a la llama de pequeñas cantidades de un compuesto de sodio, son examinadas en un espectrógrafo visual sobre un fondo de brillo variable tal como el que se obtiene con una lámpara de filamento de tungsteno. Cuando las rayas se confunden con el fondo continuo la llama y la fuente correspondiente a este fondo están a la misma temperatura de cuerpo oscuro, la cual puede medirse por medio de un pirómetro óptico. Hemos de mencionar aquí que este método ha sido criticado particularmente porque en él se asume que la radiación atómica es puramente térmica, pero el hecho de que es aplicable a cierto número de casos puede mostrarse, por ejemplo, por los datos que cita Jost [6].

La variación de la intensidad de la emisión según la longitud de onda a temperatura constante es, naturalmente, distinta para diferentes casos. Un continuo producido por partículas incandescentes obedecerá a la ley de distribución de Planck para la radiación de un cuerpo oscuro — o mejor a la ley modificada para el cuerpo gris, teniendo en cuenta la desviación de la unidad del poder emisivo de las partículas. Por desgracia los datos sobre la emisión, excepto para algunas substancias técnicamente interesantes, son escasos. En el caso de la emisión luminosa, continua o discreta, nacida de la transición entre dos estados electrónicos, la distribución de la intensidad según la longitud de onda dependerá de la disposición relativa de las superficies de energía potencial en los estados superior e inferior (principio de Franck-Condon), del peso estadístico de estos y de los sub-estados, y de la función de distribución de Boltzmann para el estado superior. Puesto que la cantidad de energía disponible para la excitación térmica en las llamas comunes es relativamente pequeña, los sistemas electrónicos discretos observados, casi siempre implican el estado fundamental como el estado inferior de la transición. Tal como ha sido ya indicado, no es posible dar una idea coherente de los espectros continuos de las llamas. Un tipo importante proviene de la recombinación de un electrón con un ión positivo para formar un átomo neutro. Un continuo cuyo origen está aún en duda, pero que es notable por su intensidad, es el que aparece dispuesto más o menos simétricamente respecto a las rayas de resonancia del sodio y del potasio (y presumiblemente de los otros metales alcalinos) cuando el metal arde en el seno del oxígeno o se le introduce en una llama de hidrógeno-aire o en la cavidad del cátodo de un tubo de Schüler. Observaciones preliminares en la llama de sodio-hidrógeno-aire indican que la intensidad es proporcional a la concentración del metal alcalino y que puede tener un coeficiente de temperatura del orden que hay que suponer para la excitación térmica.

Cuando se hace explotar una mezcla de bisulfuro de carbono y óxido nítrico se produce una llama brillante, la cual según la cantidad de luz emitida (al parecer, principalmente del espectro de la banda de S_2) correspondería a una radiación de cuerpo oscuro a una temperatura de unos 5.000° K [7]. Además, bajo ciertas condiciones, es posible hacer reaccionar con emisión simultánea de luz, ciertas substancias orgánicas tales como el éter, acetaldehido y hexano, con el oxígeno a bajas temperaturas (200–400° C). Estas últimas llamas han sido fotografiadas por Eméleus, y ha demostrado Pearse que sus espectros, que son todos idénticos, son debidos al formaldehido. Es evidente que no hay relación directa entre las temperaturas de tales llamas y su luminosidad, y cabe concluir que la luz de la emisión es debida a cierto proceso de químicoluminiscencia, por el cual el azufre en el primer ejemplo y el formaldehido en el segundo, son producidos en estado de excitación electrónica.

La distinción fundamental entre químicoluminiscencia y excitación térmica depende del número predicho de especies excitadas, N_1.† Si,

†Una clara distinción experimental entre químicoluminiscencia y radiación de temperatura es por medio de la ley de Kirchhoff, según la cual a una temperatura determinada la relación entre el poder emisor y la absorción es constante e igual al poder emisor del radiador perfecto. Esta ley se basa en el supuesto del equilibrio térmico y los sistemas químicoluminiscentes no la cumplen.

por ejemplo, un radical C se forma en un estado superior por una reacción de químicoluminiscencia

$$A + B \rightarrow C^*,$$

C^* retrocediendo al estado fundamental con emisión de radiación

$$C^* \rightarrow C + h\nu,$$

siempre que los procesos de desactivación del tipo

$$C^* + M \rightarrow C + M$$

no sean importantes, casi todos los C^* formados radiarán energía, en vez de la fracción de Boltzmann de la concentración estoiquiométrica de las especies $C, e^{-h\nu/kT}$, para pura excitación térmica. Además, en un proceso de químicoluminiscencia el efecto de la temperatura sobre la intensidad estará determinado por la energía de activación de la reacción $A + B \rightarrow C$ (o por la del paso determinante de la velocidad en el ciclo de estados conducentes a la producción de A y B) más bien que por la cantidad $h\nu$.

Las reacciones de este tipo más ampliamente estudiadas son aquellas entre metales alcalinos y los halógenos o compuestos que contienen halógenos, a baja presión en las llamas diluídas de Polanyi. En el caso del sodio y cloro puede obtenerse un rendimiento de casi la unidad para la emisión de las rayas D. El proceso más probable es:

$$\begin{aligned} Na + Cl_2 &= NaCl + Cl \\ Na_2 + Cl &= NaCl^* + Na \\ NaCl^* + Na &= NaCl + Na + h\nu \end{aligned}$$

donde $NaCl^*$ se refiere a la molécula de cloruro de sodio de elevada energía vibratoria.

El ejemplo de químicoluminiscencia continua mejor conocido es el de los metales alcalinos y los halógenos para los cuales se han observado espectros de recombinación debidos a procesos del tipo

$Na + Cl = Na.Cl^*$ (estado superior homopolar)

$Na.Cl^* = Na^+.Cl^-$ (estado iónico fundamental) $+ h\nu$

Hasta aquí hemos considerado solamente la relación entre la químicoluminiscencia y los cambios electrónicos de energía, pero parece que el equilibrio térmico no puede alcanzarse siempre por las otras formas de absorción de energía. Así, lás temperaturas rotacionales del C_2 y CH en la misma descarga a través de acetileno fueron determinadas por Lochte-Holtgreven en 4.700° y 2.000° K respectivamente. Los datos sobre intensidad vibracional de Kondratjew y Ziskin [8] para una llama de hidrógeno-oxígeno muestran que este último ejemplo no está fuera de lugar. Los citados investigadores hallaron que la banda (2, 1) del sistema OH era unas 50 veces más fuerte de lo que hubiera sido si la distribución de la energía vibracional hubiera sido térmica. Una prueba semejante de que a veces existe un retraso en alcanzar un reparto equitativo de la energía vibracional se ha deducido de los estudios sobre las bandas de vibración-rotación en la zona infrarroja.

Es de suma importancia llegar a determinar si la energía electrónica o la vibracional es de origen químicoluminiscente o térmico. Si prevalecen los procesos de químicoluminiscencia, entonces claramente el esquema postulado para la reacción global debe tener en cuenta la formación de tales especies a niveles excitados.

Esta cuestión está íntimamente ligada con los problemas prácticos de la producción de luz. Se ha mencionado ya que la emisión de la llama de bisulfuro de carbono — óxido nítrico corresponde en rendimiento a un cuerpo oscuro radiante a aproximadamente 5.000° K. Se ha calculado que es aproximadamente 83 lumen/watt. La temperatura de 5.000° K es impracticable para una llama terrestre. Si tomamos 2.000° K como una cifra razonable, obtenemos un rendimiento en la producción de luz de sólo 1,7 lumen/watt, de manera que la fuente químicoluminiscente es, desde el punto de vista de energía, de un rendimiento unas cincuenta veces mayor que el cuerpo oscuro ideal a 2.000° K. Hasta el presente no se ha conseguido producir tal fuente luminosa en gran escala.

BIBLIOGRAFIA

[1] GAYDON, A. G. *Spectroscopy and Combustion Theory* (Londres, Chapman & Hall, 1942).

[2] KONDRATJEW, V. « The Carbon Monoxide Flame Spectrum », *Zeit. f. Physik*, **63**, 322, 1930.

[3] VAIDYA, W. M. « Spectrum of the Flame of Ethylene », *Proc. Roy. Soc.*, **A147**, 513, 1934.

[4] GAYDON, A. G. « The Spectra of Chilled Hydrocarbon Flames », *Proc. Roy. Soc.*, **A179**, 439, 1942.

[5] RIMMER, W. B. « The Spectrum of Ammonia », *Proc. Roy. Soc.*, **A103**, 696, 1923.

[6] JOST, W. *Esplosions- und Verbrennungsvorgänge in Gasen* (Berlín, Springer, 1939).

[7] VAN LIEMPT, J. A. M., y DE VRIEND, J. A. « The Explosion of Carbon Disulphide-Nitric Oxide Mixtures », *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **52**, 549, 1933.

[8] KONDRATJEW, V., y ZISKIN, M. « The Spectrum of the Hydrogen Flame », *Acta Physicochim. U.R.S.S.*, **7**, 65, 1937.

Sedimentación molecular en la ultracentrífuga

THE SVEDBERG

La sedimentación de partículas de dimensiones moleculares puede estudiarse experimentalmente mediante la producción por fuerza centrífuga del equivalente a un intenso campo de gravitación. El aparato que se emplea es la ultracentrífuga, el cual ha sido de gran utilidad para el estudio de la homogeneidad de las proteínas y la determinación de sus pesos moleculares. La misma técnica ha sido aplicada con éxito a la investigación de otros polímeros naturales y sintéticos tales como la celulosa, gomas y polietilenos.

El depósito de pequeñas partículas bajo la fuerza de la gravedad o sedimentación, es un fenómeno corriente que ha tenido y aún tiene un papel importante en la geofísica. Los depósitos de arcilla, antiguos o recientes, se forman debido al efecto de fraccionamiento en la sedimentación de las partículas acarreadas por el agua de arroyos y ríos hacia los lagos y océanos. A medida que las partículas disminuyen de tamaño, la sedimentación es tanto más lenta hasta que las corrientes de convección térmica la detienen completamente. El color verdoso de muchos de los lagos en los ventisqueros se debe a diminutas partículas que flotan en el agua.

Si el tamaño de las partículas disminuye todavía más, es decir, hasta las dimensiones moleculares, se verifica un nuevo fenómeno, o sea la difusión, que es el movimiento térmico irregular de las partículas individuales o moleculares. La atmósfera alrededor de la tierra está privada de difundirse por los espacios interplanetarios debido a la acción de sedimentación, y a causa del efecto de difusión se evita que se deposite como una densa capa entorno del planeta. Al estado resultante de los efectos de sedimentación y difusión se le denomina equilibrio de sedimentación. Si queremos emplear la sedimentación de las moléculas para fines analíticos de laboratorio, la fuerza de la gravedad ha de ser incrementada centenares de miles de veces. Esto puede conseguirse por medio de la ultracentrífuga, que es un aparato de centrifugación especialmente proyectado, al que puede imprimirse una rápida rotación.

Las primeras medidas sobre sedimentación molecular fueron realizadas en Upsala; para ello se utilizó una ultracentrífuga con turbina de aceite construída a tal fin. Posteriormente, han sido inventados otros tipos de ultracentrífuga, a base de aire comprimido, o corriente eléctrica de alta frecuencia, utilizados como agente propulsor. Sea cual fuere el sistema de propulsión, la solución que se quiera estudiar ha de ser contenida en una célula pequeña de forma sectorial con ventanas para las medidas ópticas. Esta célula debe fijarse a un rotor que gira bajo temperatura constante en una atmósfera de hidrógeno a baja presión o en el vacío absoluto (figura 1).

Las partículas o moléculas en una centrífuga se desplazan hacia la periferia en dirección radial y de ahí la forma sectorial de la célula. La temperatura ha de mantenerse constante a fin de evitar la acción perturbadora de las corrientes de convección. En el caso de la ultracentrífuga con turbina de aceite el rotor está provisto de dos turbinas pequeñas, una en cada extremo del eje, accionadas por aceite a presión. Para evitar la vibración, el rotor y la célula han de estar perfectamente equilibrados, y los cojinetes provistos de amortiguadores de vibración. Una cubierta de acero protege al observador e instrumentos en el caso de rotura de los componentes del rotor (figura 5).

Los métodos de observación empleados hasta el presente se basan ya en la absorción o en la refracción del haz luminoso que pasa a través de la célula en rotación. El primer método es más directo y más fácil de comprender, el segundo más exacto (figuras 2 y 3).

En el primer caso cada especie molecular se hace patente por un paso en la curva y en el segundo por un pico. Estos métodos permiten el estudio de la composición molecular de una solución. Si en ésta tan sólo se encuentran presentes algunas especies moleculares, cada una de masa y forma definida, el análisis es relativamente simple. Este caso se da con las proteínas naturales. Otras substancias de elevado peso molecular, tales como los polisacáridos, consisten principalmente en

moléculas de tamaño continuamente variable. En el diagrama de sedimentación esto se acusa por un ensanchamiento apreciable del pico (figura 4).

Siempre existe un cierto grado de ensanchamiento debido a la difusión o movimiento térmico de las moléculas, pero es mucho más lento en el caso de las moléculas grandes tales como la celulosa. Por comparación con los picos de sedimentación, la figura 6 muestra un pico de difusión pura resultante de la línea algo borrada de separación entre un disolvente puro y una solución de celulosa.

El tiempo necesario para el ensanchamiento fué aquí de 50 horas, mientras que en el caso del ensanchamiento de sedimentación debido al tamaño desigual de las moléculas el tiempo requerido fué tan sólo de 50 minutos.

Los diferentes tamaños de las moléculas — la llamada polidispersión — se manifiestan de forma peculiar en la curva de difusión. Para una solución que contenga solamente una especie molecular, el ensanchamiento de la curva sigue las simples leyes estadísticas. En el caso de una mezcla, no obstante, existe una marcada desviación (véase figura 6). Como ejemplo de comparación, la figura 7 muestra el diagrama de difusión para una substancia monodispersa de albúmina de suero, y la figura 8 es el diagrama de sedimentación para las mismas moléculas. El ensanchamiento, aquí, del pico de sedimentación es enteramente debido a difusión, y la difusión sigue las simples leyes estadísticas. El peso molecular puede calcularse según la sedimentación y difusión por medio de la fórmula:

$$M = RTs/\{D(1 - V\rho)\}$$

en donde M = peso molecular,
R = constante de los gases,
T = temperatura absoluta,
s = constante de sedimentación,
D = constante de difusión,
V = volumen específico parcial del cuerpo disuelto,
ρ = densidad de la solución.

Tal como hemos indicado, el resultado de la combinación de la sedimentación y difusión conduce finalmente a un estado de equilibrio, llamado equilibrio de sedimentación. El número de moléculas por unidad de volumen disminuye de forma exponencial en la dirección de la fuerza decreciente. Así la densidad de la atmósfera alrededor de la tierra decrece hasta la mitad de su valor al nivel del mar a una altura aproximada de 6.000 metros, en tanto que en una solución de albúmina de suero expuesta a un campo centrífugo de 10.000 veces la fuerza de la gravedad, la distancia correspondiente es sólo de 1 mm.

Debido a que el equilibrio de sedimentación depende tanto de la sedimentación como de la difusión los pesos moleculares pueden determinarse por medio de la fórmula:

$$M = \frac{2RT \,.\, log\,(c_2/c_1)}{(1 - V\rho)\omega^2(x_2^2 - x_1^2)}$$

en donde c_1 y c_2 son las concentraciones a las distancias x_1 y x_2, y ω es la velocidad angular.

La sangre de todos los vertebrados y la de muchos invertebrados contiene una variedad de pigmentos respiratorios, ya incorporados en corpúsculos o simplemente disueltos en el torrente sanguíneo. Las hemocianinas azuladas de los caracoles y crustáceos tienen un peso molecular del orden de millones. Si el medio ambiente cambia, muchos de estos tipos de moléculas sufren reacciones de disociación, de lo que resulta el fraccionamiento de la molécula. Estas reacciones son frecuentemente características de los géneros y especies.

Así, la hemocianina en la sangre de los caracoles (*Helix*) es solamente estable dentro de ciertos límites del *p*H. Fuera de ellos la molécula se disocia, según productos bien definidos con pesos moleculares de $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{8}$ del de la molécula original. No obstante, las nuevas fracciones tienen la misma longitud que la molécula primitiva. La hemocianina del *Helix pomatia* puede disociarse también por medio de la adición de sal. Y es notable que sólo $\frac{3}{4}$ partes de las moléculas son sensibles a la sal; el resto permanece inalterable. No hay, pues, duda que en la sangre de *H. pomatia* existen dos clases de moléculas de hemocianina químicamente distintas: una que se disocia por la variación del *p*H y por la adición de sal, mientras que la otra sólo lo verifica por la variación del *p*H.

Existe un segundo tipo de hemocianina de los caracoles la cual se disocia por un cambio de *p*H pero no por la adición de sal (ejemplo: *Paludina vivipara*), y un tercer tipo el cual se disocia solamente para los valores muy bajos y para los muy altos del *p*H y no por la sal (ejemplo: *Buccinum undatum*).

El origen de las clases inferiores de los vertebrados que todavía poseen glóbulos rojos, los *Cyclostomata*, ha sido base de controversia entre los taxonomólogos. La opinión más generalmente aceptada, considera estos peces de forma de gusano como pertenecientes a una rama muy antigua en la evolución de los vertebrados y muy apartada de los otros animales vivos. La determinación del

FIGURA 1 – *Rotor y célula de la ultracentrifuga con turbina de aceite. Hacia la derecha se muestra una célula para el equilibrio estático y dinámico.*

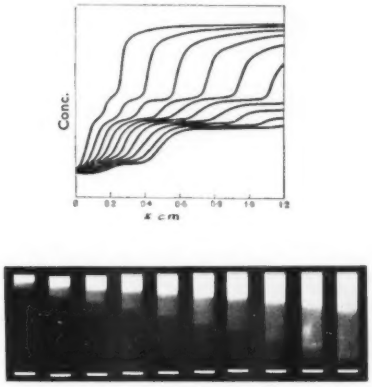


FIGURA 2 – *Diagrama de sedimentación de las moléculas de proteína de la sangre del cangrejo,* Limulus polyphemus, *obtenido por el método de absorción de la luz.*

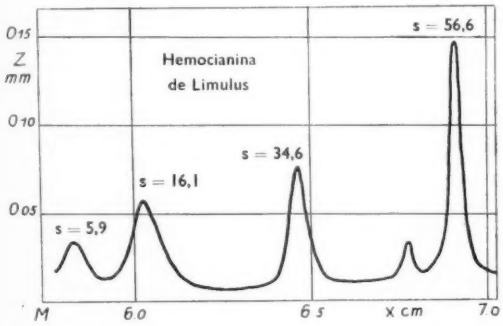


FIGURA 3 – *Diagrama de sedimentación de la misma substancia obtenido por uno de los métodos del índice de refracción.*

FIGURA 4 – *Diagrama de sedimentación del nitrato de celulosa disuelto en acetona. (La celulosa empleada era un precipitado fraccionado de celulosa de madera.)*

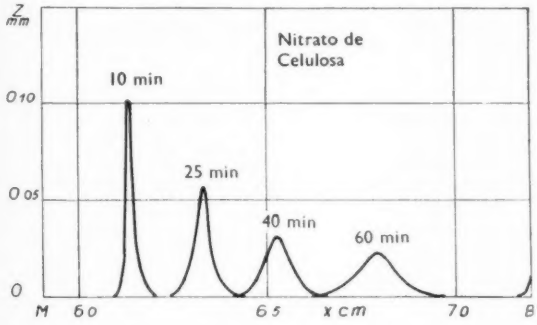
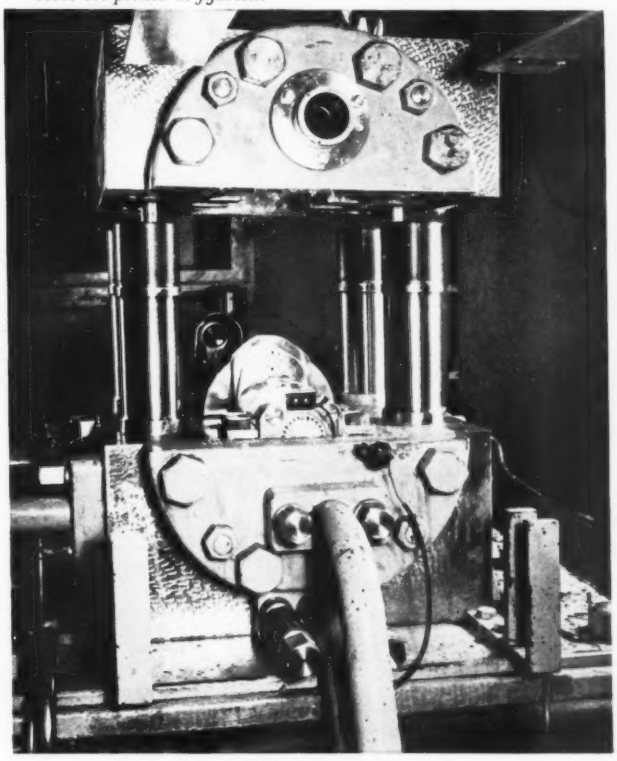


FIGURA 5 – *Vista de la ultracentrifuga que muestra el rotor en su posición y con la gruesa cubierta de acero levantada sobre los pernos de fijación.*



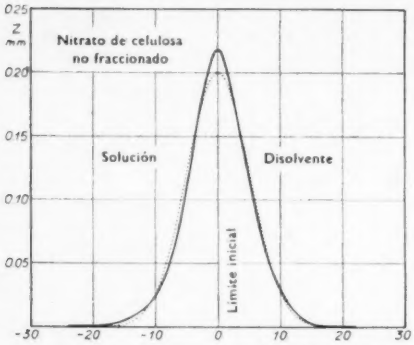


FIGURA 6 – *Diagrama de difusión del nitrato de celulosa disuelto en acetona. (La celulosa estudiada era una muestra no fraccionada.)*

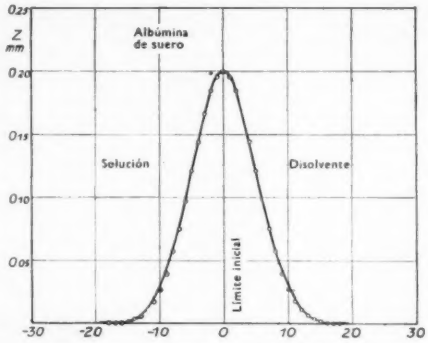


FIGURA 7 – *Diagrama de difusión de la albúmina de suero.*

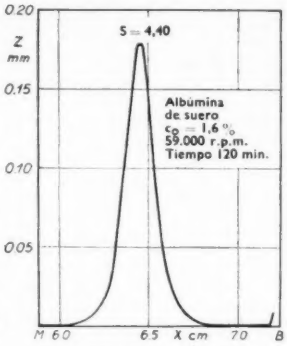


FIGURA 8 – *Diagrama de sedimentación de la albúmina de suero.*

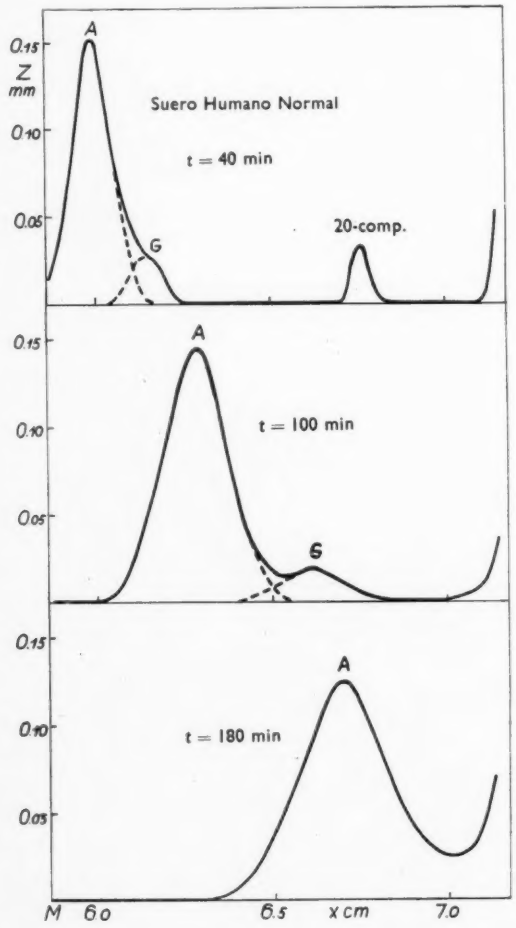


FIGURA 9 – *Diagrama de sedimentación del suero humano normal que muestra tres picos. (A, G y 20-comp.)* *Véase pág. 93.*

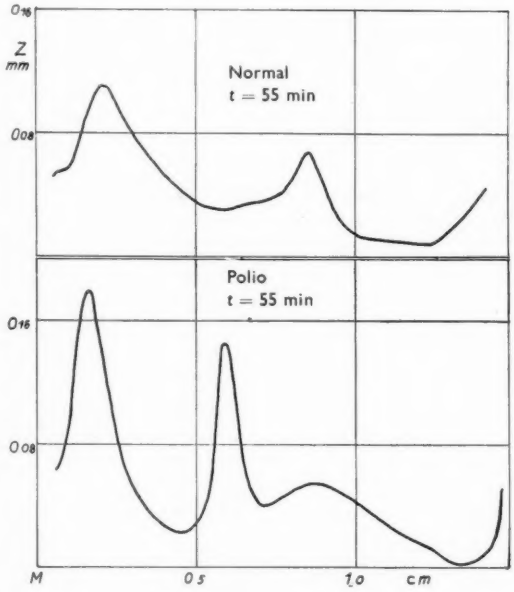


FIGURA 10 – *Diagrama de sedimentación del extracto cerebral que contiene virus de poliomyelitis y otras proteínas de peso molecular elevado y del extracto cerebral libre de virus.*

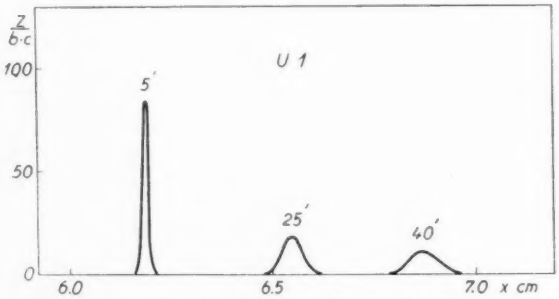


FIGURA 11 – *Diagrama de sedimentación de hilazas de algodón sin blanquear, nitradas y disueltas en acetona. El peso molecular es 1,9 millones que corresponde a un grado de polimerización de 6.000.*

peso molecular del pigmento sanguíneo rojo para los distintos grupos de vertebrados por medio de la ultracentrífuga dió por resultado que todos los vertebrados, incluso los diferentes tipos de peces, con la excepción de los *Cyclostomata*, muestran un valor alrededor de 69.000; los *Cyclostomata*, en cambio dan un valor tan sólo de 17.500.

La savia de los bulbos *Liliflorea*e contiene polisacáridos y a veces también proteínas en solución. La ultracentrífuga utilizada como elemento de investigación dió el siguiente resultado. Entre las especies del mismo género existe una pronunciada semejanza respecto de su elevado peso molecular. Las especies *Lilium*, por ejemplo, contienen una gran proporción de polisacáridos, en tanto que las especies *Fritillaria* y *Tulipa*, pertenecientes a la misma subfamilia que el *Lilium*, poseen más proteínas que hidratos de carbono y producen unos diagramas de sedimentación completamente distintos de los del *Lilium*. Existe, sin embargo, una excepción interesante: la *Fritillaria kamchatkensis*, la cual tiene íntima relación con el *Lilium* (y que algunos taxonomólogos incluyen en este género), produce un diagrama del tipo del *Lilium*.

Las aplicaciones médicas de la sedimentación ultracentrífuga son numerosas. Uno de los ejemplos más interesantes es el esclarecimiento del complejo sistema de las proteínas en el plasma de la sangre. El suero normal muestra tres límites (figura 9). El primero, llamado la fracción de 20 componentes, se sedimenta en el fondo de la célula en unos 40 minutos bajo las condiciones normales (temperatura ambiente y 250.000 veces el valor de la gravedad). En concentración corresponde solamente a un pequeño porcentaje de la proteína total en el suero. Su peso molecular es del orden de medio millón. Al mismo tiempo, cuando el primer límite alcanza el fondo de la célula, un segundo y extenso límite se ha separado ya en la parte superior de la solución. En tanto que se desplaza hacia la periferia se divide en otros dos límites. El primero, más pequeño, alcanza el fondo al cabo de 1½–2 horas; tiene un peso molecular de 150.000–180.000 y en concentración representa el 10–20% del total. Por último, la mayor parte de las proteínas se sedimentan en el límite últimamente citado el cual llega al fondo de la célula en unas 3 horas. Este límite, sin embargo, no corresponde a una substancia única, sinó que contiene la proteína llamada globulina β como también la albúmina del suero. Si, antes de la operación, el suero es diluído en un volumen igual de fosfato bisódico 0,2 molar, en vez de salina fisiológica, el tercer límite se divide en otros dos hacia el fin de la operación. El primer límite es el más ancho y muestra la misma sedimentación que antes. Consiste en albúmina del suero, con un peso molecular de unos 70.000. El límite del movimiento más lento está formado principalmente por globulina β que es una lipo-proteína. La densidad de esta proteína es casi igual a 1, mientras que la densidad de la mayoría de otras proteínas es alrededor de 1,3. De todas las sedimentaciones de proteínas, la que depende más de la densidad de la solución es la lipo-proteína. Esta propiedad de la lipo-proteína ha sido aplicada a su separación del suero humano normal.

Hasta el presente, no se hallado otro suero ninguno de mamíferos que contenga una lipoproteína de densidad tan reducida como la del suero humano. Existen numerosas razones, sin embargo, para creer que el suero de otros mamíferos posee también globulina β que se sedimenta con la albúmina pero su parte liposa tiene una densidad mayor que la humana.

El aspecto general del diagrama de sedimentación del suero de un mamífero adulto normal parece ser cualitativamente igual para todas las especies, pero con ciertas diferencias cuantitativas. Incluso los vertebrados inferiores parecen dar cualitativamente iguales diagramas de sedimentación que los mamíferos. La *Cyclostomata*, sin embargo, tiene un componente secundario con un peso molecular de unos 35.000 y un componente más importante con un peso de 360.000.

El diagrama de sedimentación para un animal determinado no es siempre el mismo, y varía con la edad. Así, la ultracentrífuga ha revelado que un suero de proteína desconocida hasta ahora, llamada fetuína, existe en sueros fetales y en los de los animales recien nacidos. Tiene un peso molecular menor (alrededor de 50.000) que el de ninguna otra proteína de suero previamente aislada.

La producción de anticuerpos durante el proceso de inmunización se manifiesta frecuentemente en el diagrama del suero como un incremento ya en la llamada globulina γ o en la proteína más pesada. Algunas enfermedades producen también cambios profundos en los diagramas de sedimentación y es posible, por ejemplo, clasificar diferentes myelomas según los diagramas de sedimentación del suero del paciente.

Las variaciones del suero debidas al envejecimiento del animal pueden ilustrarse con el suero bovino. En el diagrama del suero fetal la globulina γ es casi inapreciable. Además de un pico asimétrico que consiste en albúmina y fetuína

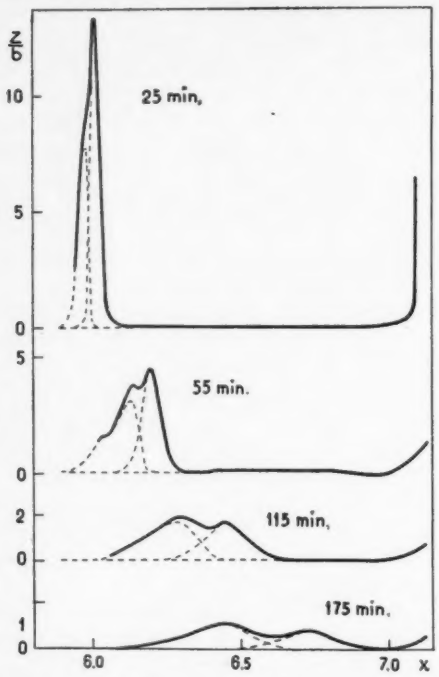


FIGURA 12 – *Diagrama de sedimentación de celulosa natural de madera extraída con cobre amoniacal. Se pueden notar dos máximos, uno que representa la celulosa propia (p.m. = 700.000, g.p. = 4.300) y el otro las poliosas (hemicelulosa).*

existe una cierta cantidad de un componente pesado. Inmediatamente después del nacimiento, se obtiene análogo diagrama del suero. Al cabo de poco que el becerro ha recibido el colostro, la globulina γ aparece en el diagrama del suero. En las primeras semanas siguientes al nacimiento, disminuyen la fetuína y la globulina γ. Más tarde la fetuína desaparece prácticamente, mientras que la globulina γ aumenta, con el incremento de la inmunidad natural, hasta alcanzar su nivel « natural ».

Inmediatamente después de la primera preparación de los cristales de virus (mosaico del tabaco) la ultracentrífuga analítica fué empleada para la determinación de la masa de estas enormes moléculas y para comparar diferentes filtrados de virus.

Las medidas de la sedimentación en la ultracentrífuga han sido de gran utilidad como medio para seguir el proceso de purificación de un virus. Por ejemplo podemos mencionar el aislamiento del virus poliomyelitis del tejido cerebral o del contenido intestinal. La figura 10 muestra el diagrama de sedimentación de un extracto cerebral que contiene el virus y otras proteínas de peso molecular elevado (tres picos) así como el diagrama de control del extracto cerebral libre de virus.

Muchos problemas industriales relativos a substancias de elevado peso molecular pertenecientes a los polisacáridos y a varios grupos de polímeros orgánicos sintéticos han sido estudiados por medio de la sedimentación ultracentrífuga. El hidrato de carbono macromolecular más importante desde el punto de vista técnico es la celulosa, que aparece en estado casi puro en ciertas fibras, tales como el algodón y el lino. Sin embargo, la celulosa natural aparece generalmente combinada con otros hidrocarburos y con la lignina, y su separación requiere un enérgico tratamiento químico (los procesos al sulfito y al sulfato).

Para ciertas finalidades, la celulosa de preparación industrial debe contener moléculas a base de cadenas lo más largas posible de grupos de glucosa, considerándose a menudo ventajoso que la longitud de las moléculas individuales sea casi igual (monodispersas). En los procesos industriales para separar la celulosa de la madera tiene lugar una notable degradación, especialmente en las fases finales. Las cadenas moleculares se rompen, apareciendo partes más cortas y desiguales (polidispersas). Tiene gran importancia la determinación de las condiciones para la producción de un tipo molecular

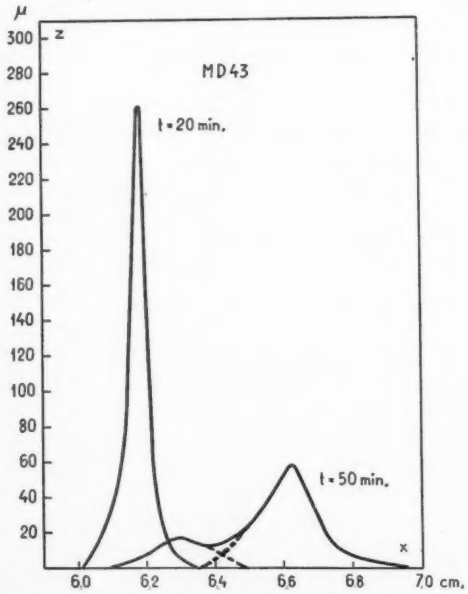


FIGURA 13 – *Diagrama de sedimentación de la celulosa al sulfito nitrada y disuelta en acetona (p.m. = 530.000, g.p. = 1.850).*

específico de celulosa. Investigaciones de esta naturaleza han sido llevadas a cabo por medio de la ultracentrífuga. Un ejemplo de una celulosa relativamente monodispersa de moléculas muy largas puede verse en la figura 11. Por otra parte la celulosa natural de madera es mucho más polidispersa (figura 12).

La celulosa industrial de madera producida según el proceso al sulfito queda considerablemente dividida y la cantidad de poliosas de madera es muy reducida (figura 13).

En casos como para el de la celulosa, donde el ensanchamiento de las curvas de sedimentación es causado exclusivamente por la distinta velocidad de sedimentación de las moléculas individuales, puede medirse la polidispersión calculando dB/dx o sea la tasa de ensanchamiento con la variación de la distancia al centro de rotación (figura 4).

La descripción completa de un material polidisperso, tal como la celulosa, requiere la determinación de la curva de distribución o frecuencia de los pesos de las moléculas. Este es un problema muy difícil, y hasta ahora sólo se han obtenido soluciones aproximadas. En la figura 14 se dan las curvas de frecuencia para dos materiales celulósicos comerciales, obtenidas según los datos de sedimentación.

Entre los polímeros sintéticos elevados y sus prototipos naturales, la goma tiene un papel importante. El valor técnico de diferentes tipos de goma depende en gran manera del tamaño y forma de sus moléculas. El análisis de sedimentación en la ultracentrífuga ha proporcionado aquí utilísima información. En el caso del neopreno se halló que la polimerización en bulto produce moléculas de un tipo de cadena más simple, en tanto que ciertas formas de polimerización por emulsión producen moléculas más ramificadas.

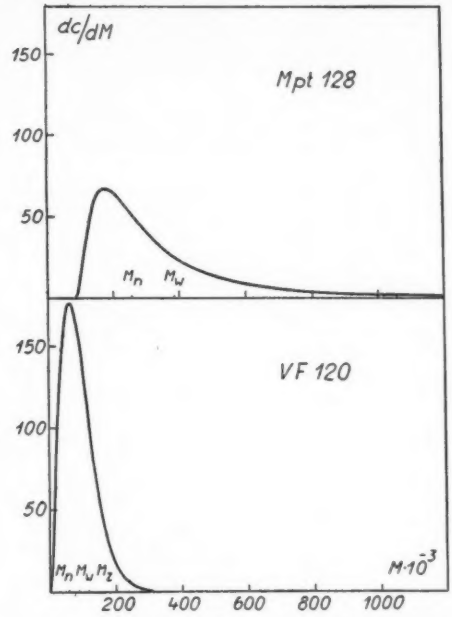


FIGURA 14 – *Curvas de frecuencia de dos materiales celulósicos nitrados y disueltos en acetona.*

Para muchas finalidades conviene obtener goma de cadenas simples, y por lo tanto el proceso de polimerización debe conducirse de tal manera que proporcione dicho tipo de molécula. Asimismo en el caso de los plásticos, tales como el polistireno, metacrilato de metilo y otros polietilenos, se ha empleado la ultracentrífuga para el control de los procesos industriales.

El estudio de la sedimentación molecular constituye uno de los medios recientes para la solución de interesantes y complejos problemas, muy importantes tanto para la ciencia como para la industria.

Revista de libros

LA ODISEA DE UN BOTANICO

A Botanist in Southern Africa, *por John Hutchinson. Págs. xii + 686, con numerosas fotografías, diseños y mapas. P. R. Gawthorn Limited, Londres.* 1946. *Precio neto,* 45*s.*

Magnífico libro, al que no se puede hacer justicia en una breve reseña. Las ilustraciones solas son una contribución notable a la literatura botánica, entre las cuales se incluyen numerosos dibujos de plantas sudafricanas vivas, en el estilo, tan atrayente, del Dr. Hutchinson; una serie soberbia de fotografías muestra las plantas en su ambiente natural, y su distribución geográfica se indica por medio de una colección de mapas. El texto se compone de un relato de los diversos viajes realizados por el autor y sus compañeros, y de las plantas que en ellos encontraron. Hay secciones sobre las diversas regiones botánicas de Sudáfrica, la historia de las exploraciones botánicas en dicho país, y otros temas relacionados; el libro tiene por lo tanto un doble valor: como historia de viaje y texto de estudio. Hay un prólogo del General Smuts, quien aparece frecuentemente en el relato y quien hizo posible en gran parte la realización del viaje. El libro, en su conjunto, es un testimonio de la energía, perspicacia botánica y talento artístico del Dr. Hutchinson, así como del espíritu público de la casa Gawthorn que publica, en momentos de gran dificultad, una costosa obra que pertenece a un tipo pocas veces visto en el presente siglo. También son dignos de encomio el General Smuts y otros botánicos sudafricanos. T. A. STEPHENSON

UNA HISTORIA DE LA QUIMICA

Die Entwicklungsgeschichte der Chemie, *por H. E. Fierz-David. Págs.* 425. *Verlag Birkhäuser, Basilea.* 1945. *Precio neto,* 21,50 *francos suizos.*

Obra atractiva, con más de cien ilustraciones, retratos y reproducciones de viejos libros, es más que una historia formal de la química, ya que su propósito es interesar e instruir al químico que no tiene posibilidades de estudiar las fuentes originales. Trata de los orígenes de la química, de la alquimia, del período entre Boyle y Lavoisier, de las teorías atómica y molecular, y del desarrollo de la química pura y aplicada durante el siglo XIX. Indica su autor no haber hecho uso de fuentes originales, sino de otros libros, y en muchos casos no parece haber utilizado publicaciones recientes que le hubieran sido de gran servicio. La inclusión de una lista miscelánica de libros al final del volumen no parece muy útil, y hubiera podido ser sustituída por una bibliografía de la historia de la química que hubiese completado la obra que estudiamos. Aunque el texto es por lo general exacto e informativo, existen en él ciertas lagunas y errores, como la inclusión de Faraday antes de Berzelius en el desarrollo de la teoría electroquímica, y la ausencia del nombre de Frankland en el estudio de la teoría de la valencia. Se ha esforzado el autor por cubrir extenso campo, de manera interesante, y todos los químicos que comprendan el alemán hallarán esta obra muy deleitosa. Para el especialista de historia de la química no tiene ya tanto valor, pero el autor mismo no dice haber escrito para los especialistas. Sin embargo, las referencias revelan datos interesantes aún para el experto.

J. R. PARTINGTON

FISICA Y FILOSOFIA

Fundamental Theory, *por Sir A. S. Eddington. Págs. viii* + 292. *University Press, Cambridge.* 1946. *Precio neto,* 25*s.*

Habrá muy pocos (y no es de suponer que un físico experimental se cuente entre ellos) que lleguen a comprender plenamente todos los profundos y sútiles argumentos desarrollados en este notable tratado póstumo sobre las partículas fundamentales y las constantes en la naturaleza, editado por Sir Edmund Whittaker. Investiga Eddington la manera en que las estructuras se encuentran relacionadas con la constante de incerteza del esquema de referencia, y ya en la página 10 obtiene una relación simple entre el valor constante de la fuerza nuclear y la velocidad de recesión de las nebulae, fundamentando así conceptos físicos en el núcleo atómico y en el cosmos.

Presenta la obra gran riqueza de analogías, animada por destellos inesperados de humor, a pesar de su profundidad. Las ideas fundamentales que en ella se desarrollan incluyen la sustitución de la gravitación por un principio de exclusión « mecánica » que corresponde al principio de exclusión « eléctrica » de Pauli. La ya bien conocida teoría epistemológica de Eddington sobre el número de partículas del universo se enlaza aquí con la derivación general de las constantes atómicas. Mediante la adopción de valores experimentales de tres constantes naturales, se pueden obtener otras constantes atómicas que coinciden sorprendentemente con los hechos. Como ejemplo indicaremos solamente dos: (*a*) constante de estructura delicada; observada = 137.009, teórica = 137; (*b*) razón entre la masa de protón y electrón; observada = 1.836.27, teórica = 1.836.34. Entre otras cosas, la teoría predice también la existencia de mesotrones de peso electrónico 174 y protónico 2.38 respectivamente.

S. TOLANSKY

RADICALES LIBRES

The Chemistry of Free Radicals, *por W. A. Waters. Págs. viii* + 295. *The Clarendon Press, Oxford.* 1946. *Precio neto,* 20*s.*

Hace tiempo, los radicales libres eran poco más que curiosidades químicas, pero la parte esencial que tienen en numerosas reacciones comunes de la química orgánica queda probada por el amplio campo estudiado en la presente obra, publicada en momento de gran oportunidad. Es aún posible hacer un estudio completo de este tema, que tan rápidamente va extendiéndose, en un solo volumen. Algunos de los problemas primeros son ya bien conocidos, como el descubrimiento y propiedades del metil-trifenil y nitrógeno-difenil.

Algunos capítulos tratan de la intervención de los átomos libres de hidrógeno, oxígeno, cloro y sodio en reacciones gaseosas y en descomposiciones fotoquímicas. El autor estudia asimismo las reacciones que se catalizan por medio de radicales libres, incluso los átomos halógenos, las reacciones de catálisis por peróxido, y la polimerización concatenada de las olefinas. Son de particular interés los capítulos que tratan de los radicales alquiles libres y de su reacción en soluciones, y de la producción y propiedades de los radicales ariles libres generados en solución por medio de la descomposición de compuestos de diazo, tema en que el autor ha hecho estudios de gran valía. Los capítulos finales tratan de reacciones en que intervienen los metales como radicales libres, de los procesos de oxidación, y de las posibles aplicaciones de la química de radicales libres a los procesos bioquímicos.

W. BAKER

METODOS DE RELAXACION

Relaxation Methods in Theoretical Physics, *por R. V. Southwell. Págs. vi* + 248. *Oxford University Press, Londres.* 1946. *Precio neto,* 20*s.*

El interés en el uso de los métodos de relaxación para el diseñado y las investigaciones aumenta continuamente al hacerse más generalmente conocidos su eficacia y campo de aplicación. Causará satisfacción a muchos lectores saber que en la presente obra el autor, además de desarrollar dichos métodos, se ha esforzado por darnos una explicación completa de los mismos para quienes deseen comprender su funcionamiento, y para quienes deseen utilizarlos. La falta de espacio hace imposible la descripción de los métodos, pero se dan toda una serie de soluciones numéricas de una gran variedad de problemas, muchos de los cuales se resisten al análisis « ortodoxo », presentándolas con gran claridad y detalle en una serie de diagramas. En cada uno de los 35 problemas específicos resueltos, se presenta un sumario completo de todas las circumstancias, con anterioridad al planteamiento computacional, para que el lector tenga un ejemplo claro que le permita tratar con seguridad y confianza otros problemas similares. Debemos felicitar al autor por la presentación ordenada, lúcida y detallada de la obra, y a los editores por la producción de un bello volumen a precio muy razonable. Tampoco puede negarse elogio al equipo de investigadores, sin el cual, según el autor mismo admite, no se hubieran obtenido las series de tan interesantes resultados.

W. G. BICKLEY